Aus der Abteilung für klinische Prothetik
(Leiter: Professor Dr. med. dent. Karl Eichner)
der Poliklinik für zahnärztliche Prothetik
des Fachbereiches für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Freien Universität Berlin

DIE PARODONTALE REAKTION AUF ÜBERKONTURIERUNGEN ZAHNÄRZTLICH-RESTAURATIVER MASSNAHMEN IM KLINISCHEN EXPERIMENT

Dissertation
zur
Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde
am Fachbereich Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Zahnärztin Tamara Zapp
aus Berlin

1985

Aus der Abteilung für klinische Prothetik
(Leiter: Professor Dr. med. dent. Karl Eichner)
der Poliklinik für zahnärztliche Prothetik
des Fachbereiches Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Freien Universität Berlin

DIE PARODONTALE REAKTION AUF ÜBERKONTURIERUNGEN ZAHNÄRZTLICH-RESTAURATIVER MAßNAHMEN IM KLINISCHEN EXPERIMENT

Dissertation
zur
Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde
am Fachbereich Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Zahnärztin Tamara Zapp
aus Berlin

Referent: Prof. Dr. med. dent. Georg Sauer

Korreferent: Prof. Dr. med. dent. Karl Eichner

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereiches Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Freien Universität Berlin

Promoviert am: 5. Juli 1985

Meiner Mutter in Dankbarkeit gewidmet

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41549620_0008

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
1.	Einleitung	9
2.	Allgemeiner Teil	12
2.1.	Der Sulcus gingivae	12
2.2.	Der parodontale Reiz und seine Ursachen	14
2.2.1.	Die fehlerhafte Gestaltung der Kronenflächen	14
2.2.2.	Die fehlerhafte Gestaltung des Kronenrandes	24
2.2.3.	Die parodontale Reaktion	27
2.3.	Methoden zur Bestimmung des Reizzustandes	29
2.3.1.	Indizes	29
2.3.1.1.	Plaque-Indizes	29
2.3.1.2.	Gingiva-Indizes	30
2.3.2.	Objektive klinische Testmethoden	32
2.3.3.	Das Periotron	35
2.3.3.1.	Die Sulcusflüssigkeit	39
2.3.3.2.	Die periometrische SFFR-Messung und bisher durchgeführte Untersuchungen	40
3.	Spezieller Teil	43
3.1.	Untersuchungsziel	43
3.2.	Eigene Untersuchungen	43
3.2.1.	Versuchsplanung	43
3.2.2.	Hauptversuche	49
3.2.2.1.	Versuchsaufbau	49
3.2.2.1.1.	Patientenauswahl	49
3.2.2.1.2.	Der Untersuchungsbogen	51
3.2.2.1.3.	Die Mundhygiene als variabler Faktor	52
3.2.2.1.4.	Die Herstellung der keramisch verblendeten Plättchen aus Degudent U	54
3.2.2.2.	Versuchsdurchführung	56
3.2.2.2.1.	Das Aufkleben der keramisch verblendeten Plättchen aus Degudent U	56
3.2.2.2.2	Die Messung des Plaque-Index	60
3.2.2.2.3.	Die Bestimmung des Gingiva-Index	60
3.2.2.2.4.	Die photographische Dokumentation	61
3.2.2.2.5.	Die periometrische Messung der Sulcus-Fluid-Flow-Rate (SFFR)	65

		Seite
3.2.2.2.6.	Das Abnehmen der Plättchen und ihre rasterelektronenmikroskopische Untersuchung	68
3.2.3.	Ergebnisse der klinischen Untersuchungen und ihre statistische Auswertung	71
3.2.3.1.	Ausgangsbefund	71
3.2.3.1.1.	Die Feststellung des Plaque-Index	71
3.2.3.1.2.	Die Messung der Plaque mittels standardisierter Photographie	71
3.2.3.1.3.	Die Feststellung des Gingiva-Index	71
3.2.3.1.4.	Die periometrische Messung der SFFR	72
3.2.3.2.	Phase A (gewohnheitsmäßige Mundhygiene nach Aufkleben der Plättchen)	72
3.2.3.2.1.	Die Feststellung des Plaque-Index	72
3.2.3.2.2.	Die Messung der Plaque mittels standardisierter Photographie	73
3.2.3.2.3.	Die Feststellung des Gingiva-Index	74
3.2.3.2.4.	Die periometrische Messung der SFFR	74
3.2.3.3.	Phase B (ohne Mundhygiene)	75
3.2.3.3.1.	Die Feststellung des Plaque-Index	75
3.2.3.3.2.	Die Messung der Plaque mittels standardisierter Photographie	75
3.2.3.3.3.	Die Feststellung des Gingiva-Index	76
3.2.3.3.4.	Die periometrische Messung der SFFR	76
3.2.3.4.	Phase C (nach Instruktion zu optimaler Mundhygiene)	77
3.2.3.4.1.	Die Feststellung des Plaque-Index	77
3.2.3.4.2.	Die Messung der Plaque mittels standardisierter Photographie	77
3.2.3.4.3.	Die Feststellung des Gingiva-Index	77
3.2.3.4.4.	Die periometrische Messung der SFFR	78
3.2.3.5.	Vergleich der Untersuchungsergebnisse der linken mit der rechten Seite	80
3.2.3.6.	Vergleich der verschiedenen klinischen Untersuchungsmethoden	84
3.2.3.6.1.	Vergleich des Plaque-Index mit den gemessenen Plaque-Werten	84
3.2.3.6.2.	Vergleich des Gingiva-Index mit der SFFR	85
3.2.3.6.3.	Vergleich des Plaque-Index mit der SFFR	87

		Seite
3.2.3.6.4.	Vergleich der gemessenen Plaquewerte mit der SFFR	87
3.2.3.6.5.	Vergleich der gemessenen Plaquewerte mit dem Gingiva-Index	87
3.2.3.6.6.	Vergleich des Plaque-Index mit dem Gingiva-Index	88
3.2.3.7.	Untersuchungen der abgenommenen Plättchen mit dem Rasterelektronenmikroskop	88
4.	Diskussion	91
4.1.	Die Beurteilung der parodontalen Reaktion anhand von Indizes	91
4.2.	Vergleich der Untersuchungsmethoden mit denen anderer Autoren	98
4.3.	Die Überkonturierung als Ursache für Plaquevermehrung	100
4.4.	Die parodontale Resistenz	101
5.	Zusammenfassung	106
6.	Schrifttum	108
7.	Anhang	132
7.1.	Untersuchungsbogen und Merkzettel	132
7.2.	Tabellen und graphische Darstellungen	135
7.3.	Bildanhang	150
8.	Lebenslauf	158

1. EINLEITUNG

Es gibt Patienten, die trotz abstehender Füllungs- oder Kronenränder eine klinisch gesunde Gingiva aufweisen. Auch Zahnsteinablagerungen können jahrelang auf das Parodontium einwirken, ohne eine progressive Parodontalerkrankung hervorzurufen (FICHTNER (29)). Der exogene Reiz kann also nicht allein über das Ausmaß der Gewebsreaktion entscheiden.

Die Intensität der Reizbeantwortung variiert von Individuum zu Individuum. Konstitutionelle Faktoren des Patienten sind von Einfluß auf den Grad der tatsächlich eintretenden Schädigung (FICHTNER (29); FRÖHLICH (30); GREVE (42); HORN (50); KRAFT (63); KRÖNCKE (66); LIETZMANN (76); SCHLEGEL (120); SCHRÖDER (121)).

Die individuelle Reaktionslage, auch als "parodontale Resistenz" bzw. "parodontale Insuffizienz" bezeichnet (KRÖNCKE (66)), und die Reizstärke sind gemeinsam verantwortlich für die Gesundheit des Parodonts. Der konstitutionelle Faktor des Patienten stellt sich dem behandelnden Zahnarzt als eine unbekannte Größe dar. Die Reizstärke ist eine bestimmbare Variable, die vom Können und Wissen des Zahnarztes abhängt.

Zahnärztlich-restaurative Maßnahmen üben, wenn sie das parodontale Gewebe berühren, auf dieses einen Reiz aus. Von der Höhe der Reizstärke und der Konstitution des Patienten hängt es ab, wann das Gewebe einen endgültigen Schaden erleidet. Im Einzelfall mag bereits eine präparationsbedingte Verletzung des inneren Saumepithels genügen, um die Entstehung von Taschen zu begünstigen und einen endgültigen Schaden zu setzen (HÄUPL (44); FRÖHLICH (30, 31)).

Die Frage, ob der Füllungs- bzw. Kronenrand supragingival, was zur Gesunderhaltung des Parodonts beiträgt, oder aus Gründen der Kariesprophylaxe subgingival enden soll, hat zu intensiven Diskussionen in der zahnärztlichen Fachliteratur geführt (EICHNER (23); GREVE (42); KARLSEN (58); KÖRBER (61); KOIVUMAA et al. (62); LARATO (71); MARCUM (84)).

Aber auch die Gestaltung der Kronenkontur, die weitgehend dem Zahntechniker überlassen bleibt, kann die marginale Gingiva schädigen. Überdimensionierte Formen schränken den stimulierenden Einfluß der Wangen- bzw. Zungenmuskulatur auf die marginale Gingiva ein (EICHNER (26); PAMEIJER (104); VELDKAMP (136); WHEELER (147)).

Überdimensionierte Kronenaußenflächen oder überkonturierte subgingivale Kronenränder, die praktisch nach jeder Tangentialpräparation vorliegen, sind bei Vollgußkronen und noch öfter bei metallkeramischen Arbeiten zu beobachten (EICHNER (25); LEU (75); RENGGLI et al. (109)). Ursache hierfür können eine zu sparsame Präparation des Zahnes durch den Zahnarzt oder mangelhafte anatomische und funktionelle Kenntnisse des Zahntechnikers sein. Die Überkonturierung von bukkalen bzw. oralen Kronenaußenflächen führt dazu, daß oft Nahrungsreste und Bakterien unter den Vorwölbungen verbleiben (EICHNER (26); MORRIS (94); PEREL (106)).
Jedoch hat die Vielzahl widersprüchlicher Meinungen immer noch nicht geklärt, welcher der beiden Faktoren - die Überkonturierung oder die Plaqueansammlung - eine stärkere Gewebsreaktion hervorruft (KOIVUMAA et al. (62)).

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist, durch Überkonturierung von bukkalen Zahnflächen die parodontale Reaktion auf einen lokalen quantifizierbaren

Reiz zu messen. Ferner wird untersucht, wie die Mundhygiene den durch eine zahnärztlich-restaurative Maßnahme gesetzten Reiz beeinflußt.

2. ALLGEMEINER TEIL

2.1. Der Sulcus gingivae

Der Sulcus gingivae ist eine V-förmige oder rillenartige Vertiefung, die ringförmig um den Zahn verläuft (MUTSCHELKNAUSS (99)). Im Schrifttum finden sich auch die Begriffe physiologische Zahnfleischtasche (GOTTLIEB (40); MATHIS (87); MEYER (90); WESKI (146)), Zahnfleischfurche (HARNDT (46)) oder gingivadentaler Verschlußapparat (WOLF (149)).

Abbildung 1 zeigt einen schematisierten Schnitt durch den Sulcus gingivae und angrenzende Gewebe. Der Sulcus gingivae ist durch die Zahnoberfläche, das orale Epithel und das innere Saumepithel begrenzt. Das orale Epithel wird von der Kuppe der marginalen freien Gingiva gebildet und weist an der Oberfläche mehr oder weniger starke Verhornungen auf (LANGE (67)). Das innere Saumepithel (ISE), ein von Weski 1921 geprägter Begriff, stellt die Verbindung zwischen Gingiva und Zahnoberfläche her und bildet den Sulcusboden. Sein geschichtetes, nicht verhornendes Plattenepithel unterliegt ständiger Zellerneuerung (SCHROEDER et al. (122); WOLF (149)). Hemidesmosomen und eine basale Lamina führen zu einer festen, sich ständig erneuernden Verbindung mit der Zahnoberfläche (WOLF (149)).

Da das innere Saumepithel eine glatte Begrenzung gegenüber dem Bindegewebe zeigt, ist es stärker durchlässig für Toxine und Nahrungseiweiße. Als Reaktion darauf findet sich auch bei einer klinisch gesunden Gingiva eine zelluläre Infiltration aus Plasmazellen und Lymphozyten (MUTSCHELKNAUSS (99)).

Der histologische Sulcus gingivae ist normalerweise 0.25 - 0.5 mm tief (SCHROEDER et al. (122); WESKI (146)). Dabei ist zu beachten, daß der histologische Sulcus nicht dem klinisch meßbaren entspricht (RENGGLI et al. (109)). Mit Parodontalsonden erhält man keine genauen Messungen des Niveaus des epithelialen attachments. Der durch die Sonde artifiziell erzeugte Spalt verursacht eine Erhöhung der Meßwerte auf 0.5 - 2 mm (ARMITAGE (2)).

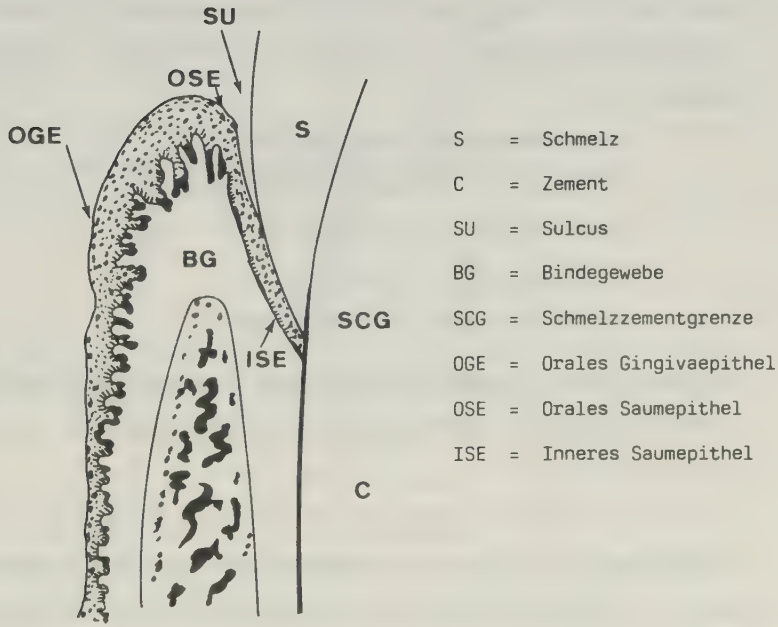


Abb. 1 Schematisierter Schnitt durch den Sulcus gingivae und angrenzende Gewebe (nach LANGE (67) und RENGGLI (109))

2.2. Der parodontale Reiz und seine Ursachen

2.2.1. Die fehlerhafte Gestaltung der Kronenflächen

Mit der Eingliederung einer Krone oder der Fertigstellung einer Füllung, die in den Sulcus gingivae hineinragt, greift der Zahnarzt in einen Bereich ein, der wegen der besonderen Beschaffenheit seiner Grenzzonen zum Zahn und zur marginalen Gingiva als locus minoris resistentiae gegenüber exogenen Noxen bezeichnet wird (FORSSLUND (32); MUTSCHELKNAUSS (99)). Die Wiederherstellung der Zahnform muß daher unter Berücksichtigung sowohl parodontal- als auch kariesprophylaktischer Gesichtspunkte erfolgen. Nach MARXKORS (86), MEYER (89) und SAUER (115) gilt dies insbesondere für:

1. Die Gestaltung der Okklusionsfläche.
2. Die Lage und Anordnung der Kontaktpunkte.
3. Die Gestaltung der Kronenaußenflächen.
4. Die Gestaltung des Kronenrandes.
5. Die Gestaltung des Papillenfreiraumes.

Die Gestaltung der Kronenaußenfläche, deren technische Ausführung weitgehend in der Hand des Zahntechnikers liegt, findet oft nicht die ihr gebührende Sorgfalt.
Die natürliche Zahnkrone zeigt nahe der Gingiva am Übergang der anatomischen Krone in die Wurzel einen kleinen Wulst. Er läuft rings um den Zahn und bildet vestibulär und oral eine wurzelwärts gerichtete Kurvatur (VEST (137)).

Nach WHEELER (147) und MEYER et al. (91) haben diese Vorwölbungen die Aufgabe, Nahrungsreste von der sulcusnahen Gingiva auf keratinisierte

Bereiche der Gingiva propria abzuleiten. Diese sogenannte "food-deflecting"-Theorie (speiseableitend) führte zu einer übertrieben prominenten Gestaltung der künstlichen Kronenaußenflächen. Kritische Stimmen in der zahnärztlichen Literatur stellen den Sinn dieser Theorie in Frage.

MORRIS (94) versucht zunächst den Mechanismus, der den Bolus in den Sulcus gingivae leiten soll, darzustellen (siehe Abb. 2).

Abb. 2 Horizontale und vertikale Kräfte bewegen den Bolus in Richtung Sulcus. Der marginale Schmelzwulst leitet den Bolus auf die Gingiva propria.

Nach seiner Ansicht bewegen horizontale Kräfte, ausgeübt durch die Wangen-, Zungen- und Lippenmuskulatur, und vertikale Kräfte, verursacht durch die Höcker der Antagonisten, den Bolus in Richtung des Sulcuseinganges. Übermäßig starke muskuläre Kräfte müßten demnach die marginale Gingiva durch das ständige Auftreffen von Nahrungsteilchen vermehrt reizen.

Dem hält MORRIS (94) entgegen, daß gerade eine intensive Kautätigkeit, die durch eine harte Nahrung gefördert wird, zu einer keratinisierten, klinisch gesunden Gingiva führt. Das parodontale Fasersystem und die kontinuierlich fließende Sulcusflüssigkeit setzen außerdem dem Einpressen von Speisen eine natürliche Barriere entgegen.

Nach HERLANDS et al. (48) ist der Sulcuseingang nur dann geschützt, wenn sich dieser genau unterhalb der Kronenvorwölbung befindet (siehe Abb. 3). Die linguale Neigung der unteren Seitenzähne gleicht jedoch die Prominenz der Kronenaußenfläche, die bei natürlichen Zähnen maximal 0.5 mm betragen soll, aus.

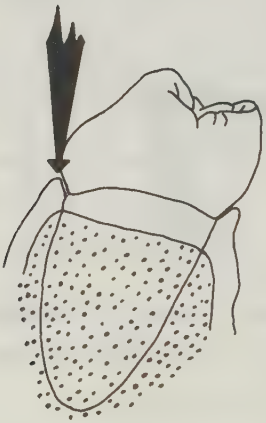


Abb. 3 Durch die Lingualneigung im Unterkieferseitenzahnbereich verliert der marginale Schmelzwulst seine schützende Funktion (nach HERLANDS).

HERLANDS et al. (48) vertreten ferner die Ansicht von GOTTLIEB (40), daß sich die epitheliale Verbindung allmählich vom Schmelz auf das Zement apikalwärts verschiebt. Sie folgern daraus, daß sich der Sulcuseingang

physiologischerweise selten in einer durch die Vorwölbung geschützten Position befindet. Außerdem beobachten die Autoren eine klinisch gesunde marginale Gingiva an präparierten Zahnstümpfen, die eine zeitlang ohne eine provisorische Versorgung bleiben.

EISSMANN et al. (27) sehen in der allgemeinen Propagierung von "nahrungsableitenden Vorwölbungen" die Gefahr von zu prominent gestalteten konvexen Flächen mit den Folgen einer vermehrten Plaqueretention. Nicht die marginale Gingiva, sondern die Plaqueansammlung in diesem Gebiet werde geschützt.

In einer klinischen Untersuchung von EHRLICH und HOCHMANN (21) werden bei vier Patienten jeweils zwei Zähne für die Aufnahme von Kronen beschliffen. Nach der Präparation erfolgt die Eingliederung von provisorischen Kronen. Die Kronen der einen Kieferhälfte weisen eine Überkonturierung von 1 mm mehr, die der anderen Kieferhälfte 1 mm weniger als der ursprüngliche natürliche Kronendurchmesser auf. Nach viermonatiger Tragedauer sind weder bei der Über- noch bei der Unterkonturierung auffallende klinische Veränderungen an der marginalen Gingiva festzustellen.

Die sogenannte "food-deflecting"-Theorie schien vielen Autoren nicht das geeignete Konzept für die Gestaltung der Kronenaußenflächen. Bei der Rekonstruktion eines Zahnes stellen diese die Wirkung der Wangen-, Zungen- und Lippenmuskulatur auf das parodontale Gewebe in den Vordergrund und begründen damit die sogenannte "muscle-action"-Theorie (HERLANDS et al. (48); MORRIS (94); PEREL (106); YUODELIS et al. (150)).

Nach HERLANDS et al. (48) und MORRIS (94) verhindern überkonturierte Kronen den notwendigen engen Kontakt mit der Wange, der Zunge den Lippen und damit deren massierende und gleichzeitig reinigende Wirkung auf die marginale Gingiva. Überkonturierungen verursachen ihrer Ansicht nach eher eine Irritation der Gingiva, als daß sie sie verhindern.

PEREL (106) untersucht an Hunden die Beziehung zwischen Kronenkontur und marginalem Parodont. Bei einem Teil der Versuchszähne wird durch Abschleifen der marginalen Vorwölbungen eine Unterkonturierung provoziert. Bei den verbleibenden Versuchszähnen erfolgt mit kaltpolymerisiertem Kunststoff eine Überkonturierung der Kronenaußenflächen von mehr als 2 mm. Nach neun Wochen zeigt die marginale Gingiva der unterkonturierten Zähne keine klinisch und histologisch erkennbaren Veränderungen. Im Falle der Überkonturierung treten jedoch starke Entzündungserscheinungen auf, die sich sowohl klinisch als auch histologisch nachweisen lassen.

PEREL (106) sieht durch seine Ergebnisse bestätigt, daß die sogenannte "nahrungsableitende" Wölbung im zervikalen Kronendrittel keinesfalls der Parodontalprophylaxe dient, sondern im Gegenteil das Parodont schädigt.

Die Überkonturierung fördert nach YUODELIS et al. (150) die Plaqueretention im zervikalen Kronendrittel, einem Gebiet, welches für Mundhygienemaßnahmen ohnehin relativ schwer zugänglich ist. Seiner Meinung nach bedarf der Sulcus gingivae aus folgenden Gründen keines besonderen Schutzes:

1. Die in zivilisierten Ländern überwiegend weiche Nahrung verletzt nur gering die marginale Gingiva.

2. Rezeptoren schützen die marginale Gingiva vor Verletzungen durch harte Nahrungspartikel.
3. Der größte Teil des Nahrungsbreies erreicht niemals den Sulcuseingang, sondern wird durch Zunge, Wange und Lippen in eine Position gebracht, die das Hinunterschlucken des Bolus ermöglicht.
4. Bei Milchzähnen befindet sich die Schmelzvorwölbung unter der Mundschleimhaut und trotzdem weisen sie eine klinisch gesunde marginale Gingiva auf. Auch bei hypoplastischen Zähnen treten keine Entzündungserscheinungen auf.
5. Bei Hunden liegen die marginalen Wülste im allgemeinen subgingival. Ihre harte Nahrung verletzt in keiner Weise das parodontale Gewebe.

Für die klinische Gesundheit der marginalen Gingiva sind nach YUODELIS et al. (150) die Propriorezeptoren der Mundschleimhaut verantwortlich.

Unter stärkerer Berücksichtigung der Kaumuskulatur wird die sogenannte "Plaqueretentions"-Theorie begründet (EISSMANN et al. (27); JAMESON et al. (54); MORRIS (94); PARKINSON (105); PEREL (106); SCHÄRER (117); VELDKAMP (136); VOGAN (138); YUODELIS (150)).
Die Autoren sehen übereinstimmend in der mikrobiellen Plaque den primären ätiologischen Faktor für Parodontalerkrankungen. Klinisch ist die Plaqueablagerung am stärksten im approximalen, linguo- und fazio-zervikalen Bereich der Zahnkrone (PARKINSON (105); VOGAN (138)). Die lingualen bzw. fazialen Kronenaußenflächen sollten daher flach gestaltet sein, unter völligem Verzicht auf zervikale Schmelzwülste, selbst dann, wenn sie ursprünglich vorhanden waren (MORRIS (94); PARKINSON (105); PEREL (106)). Flache Kronenaußenwände ermöglichen eine bessere Reini-

gung durch die Zahnbürste (YUODELIS (150)).

VELDKAMP (136) schlägt eine konische Kronenform vor, deren größter bucco-lingualer Durchmesser am Gingivalsaum liegt und die infolgedessen keine unter-sich-gehenden Gebiete für die Plaqueretention aufweist. Die Krone hat Ähnlichkeit mit einem beschliffenen Zahnstumpf. Je länger die die klinische Krone ist,desto kleiner wird die Okklusalfläche.

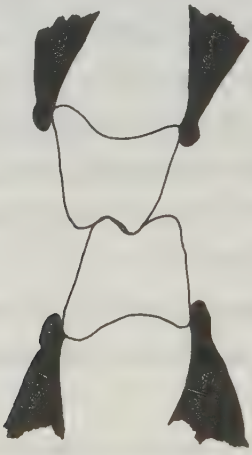


Abb. 4 Konische Kronengestaltung nach VELDKAMP

Lediglich kurze klinische Kronen können nach EISSMANN (27) eine leicht konvexe Außenfläche zeigen; der Scheitelpunkt der Vorwölbung darf sich jedoch nicht im zervikalen Kronendrittel befinden, da dieses Gebiet für einen allmählichen Übergang zwischen Krone und Pfeilerzahn bestimmt ist.

Die "Plaqueretentions"-Theorie wird durch klinische Beobachtungen unterstützt. In einer Untersuchung von PARKINSON (105) zeigt sich ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen Plaqueretention und überkonturierten Kronen. Von 50 Kronen weisen 80 % einen größeren fazio-lingu-

alen Durchmesser als die kontralateralen natürlichen Zahnkronen auf. Der Unterschied der Durchmesser von natürlichen und überkronten Zähnen variiert bei Vollgußkronen von -0.3 bis 1.1 mm, bei metallkeramischen Kronen von 0.2 bis 1.6 mm. Bei nicht überkronten Zähnen werden eindeutig geringere Plaque-Indizes beobachtet.

Die "Plaqueretentions"-Theorie schenkt der individuellen parodontalen Morphologie wenig Bedeutung. Die Grundsätze zur Verwirklichung einer "biologischen Kontur" vereinigen daher die Idee der "idealen Kontur" mit den individuellen parodontalen Gegebenheiten.

FARER et al. (28), BURCH (14, 15) streben eine Kronenaußengestaltung an, die die natürliche Zahnform nachempfinden soll. Sie gehen davon aus, daß die natürliche Zahnform das umgebende Gewebe, z.B. die Gingiva, den Epithelansatz oder den Alveolarknochen, vor Trauma und Irritation schützt. Faziale und linguale Vorwölbungen, die im zervikalen Kronendrittel liegen sollen, bilden den Scheitelpunkt der gesamten Kronenkontur. Der fazio-linguale Durchmesser des Zahnes muß nach FARER (28) und BURCH et al. (15) in diesem Bereich um 1 mm größer als der Durchmesser an der Schmelzzementgrenze sein.

Ausnahmen bilden die die lingualen Flächen der unteren Molaren und zweiten Prämolaren, die aufgrund ihrer lingualen Neigung eine mehr nach okklusal gelegene Prominenz vorweisen sollen. Ihre stärkste linguale Kronenvorwölbung befindet sich deshalb in der Kronenmitte und ragt circa 1 mm über die Schmelzzementgrenze hinaus (FARER (28); BURCH et al. (15)).

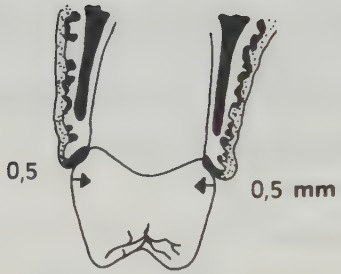


Abb. 5 Lage und Ausdehnung der marginalen Schmelzwülste im Oberkieferseitenzahnbereich (nach FARER und BURCH)

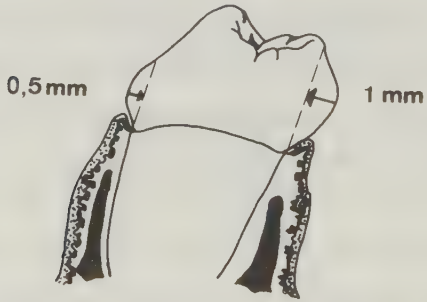


Abb. 6 Lage und Ausdehnung der Schmelzwülste im Unterkieferseitenzahnbereich (nach FARER und BURCH)

Die Tabelle 1 faßt die unterschiedlichen bis heute vertretenen Theorien über die bukkale bzw. orale Außenflächengestaltung von Kronen zusammen. Nach vielen Jahren kontroverser Diskussionen hat sich bis heute noch keine einheitliche Meinung über die Rolle der Kronenaußenkontur gebildet (TJAN et al. (130)).

"food deflecting"-Theorie	1951 VEST (137) 1961 WHEELER (147) 1965 MEYERS (91)
"muscle action"-Theorie	1962 HERLANDS (48) 1962 MORRIS (94) 1971 PEREL (106) 1973 YUODELIS (150)
"Plaqueretentions"-Theorie	1963 VELDKAMP (136) 1968 SCHÄRER (117) 1971 EISSMANN (27) 1971 PEREL (106) 1973 YUODELIS (150) 1976 PARKINSON (105) 1976 VOGAN (138) 1982 JAMESON (54) 1985 EICHNER (26)
"Biologische"-Theorie	1974 FARER (28) 1973 BURCH (14) 1975 BURCH (15)

Tab. 1 Veröffentlichungen zu den verschiedenen Theorien der Kronenaußenflächengestaltung

2.2.2. Die fehlerhafte Gestaltung des Kronenrandes

Die Extension des Kronenrandes in den Sulcus gingivae dient nach traditioneller Lehrmeinung bei kariesanfälligen Patienten der Kariesprophylaxe (GREVE (42); JUNG und HUPFAUF (56); HÄUPL (44); VEST (137); WEINBERG (144)). Die möglicherweise schädigende Wirkung des Kronenrandes auf das marginale Parodont führte zu intensiven Diskussionen der Frage, ob der Kronenrand supra- oder subgingival enden sollte (APP (1); BERGMANN et al. (5); EICHNER (23, 24); FICHTNER (29); FRÖHLICH (31); GREVE (42); HORN (50); HÜTTNER (51); KARLSEN (58); KÖNIG (60); KRAFT (63); KRÖNCKE (66); LARATO (71); LEON (74); MARCUM (84); NEWCOMB (100); RICHTER (111)).

Dagegen findet das Problem der Überdimensionierung von Kronenrändern weniger Beachtung. Liegt nach Berücksichtigung des Alters des Patienten bzw. seines parodontalen Zustandes (EICHNER (23)) die Indikation für eine subgingivale Lage des Kronenrandes vor, müssen sowohl der Zahnarzt als auch der Zahntechniker besondere Sorgfalt bei der Kronenrandgestaltung walten lassen.

Nach EICHNER (26) verursachen folgende schwerwiegende Fehler eine Überdimesionierung von Kronenrändern:

1. Durch das dem Lokalanästhetikum beigegebene Vasokonstringens wird die Gingiva blutleer. Erfolgen Präparation und Abformung des Pfeilerzahnes in derselben Sitzung, so führt dies zu einer verkleinerten Widergabe des marginalen Parodonts.
2. Ungenügendes Abschleifen von Zahnhartsubstanz
3. Ungenaue Abformung und Wiedergabe des parodontalen Gewebes.
4. Unrichtige Darstellung der Gingiva auf dem Modell durch

Verwendung von Retraktionsfäden bei der Abformung.

5. Anatomische und funktionelle Unkenntnis des Zahntechnikers.
6. Verlust der marginalen Anteile auf dem Modell durch Sägeschnitte oder Einwachsen der Zahnstümpfe.
7. Zu starke Modellierung von Kronenrändern.
8. Überdeckung der Metallgerüste mit Kunststoff oder aufgebrannter keramischer Masse.

Nach JUNG und QUAST (57) begünstigen dünn auslaufende Wachskronenränder die Bildung von Poren und Lunkern.

Damit für das Ausarbeiten und Polieren genügend Substanz vorhanden ist, empfiehlt MARXKORS (85), nach dem Modellieren der Krone, vor dem Abnehmen zum Einbetten, den Rand von außen zu verstärken. Bei der Herstellung der Wachskrone ist es daher üblich, daß der Zahntechniker den Kronenrand zunächst übermodelliert. Das Ausarbeiten der Krone bis zur Hochglanzpolitur reduziert jedoch nicht immer diese Übermodellierung.

Nach einer Untersuchung von SAUER (116) ergeben sich bei 23 Gußkronen, die von verschiedenen Zahntechnikern nach bestmöglicher Leistung angefertigt wurden, folgende Wandstärken:

a. 1/2 mm vom Kronenrand entfernt eine Stärke von ca. 350 μm.
b. 1/4 mm vom Kronenrand entfernt eine Stärke von ca. 225 μm.
c. 1/8 mm vom Kronenrand entfernt eine Stärke von ca. 150 μm.

Die keramische Verkleidung von Kronenrändern ist aus kosmetischen Gründen zuweilen unumgänglich. Nach HUSEMANN (52) führt dies jedoch zu einer beträchtlichen Erhöhung der Wandstärken und damit zu einer Irritation der

marginalen Gingiva. In einer Entfernung von 1/2 mm vom Kronenrand beobachtet er eine Kronenrandstärke von 530 µm, in einer Entfernung von 1/4 mm eine Stärke von 380 µm, in einer Entfernung von 1/8 mm noch 240 µm.

Die Überdimensionierung von metallkeramischen Kronen wird bereits durch die Wahl einer falschen Präparationsart vorbestimmt. EICHNER (26) empfiehlt deshalb eine Stufen- oder ausgeprägte Hohlkehlpräparation, "um den zu verkleidenden Werkstoff in die natürliche Zahnform hinein zu verlegen".

Praktische Hinweise auf die Gestaltung des subgingivalen Kronenrandes in Wachs finden sich bei WAGMAN (142). Seiner Meinung nach "stützt" ein flach oder leicht konkav modellierter subgingivaler Kronenrand nicht die Gingiva, die normalerweise im Zahnhalsbereich "messerscharf" ausläuft. Infolgedessen neigt die Gingiva dazu, sich zusammenzurollen und eine zirkuläre Leiste, die Plaqueauflagerungen begünstigt, zu bilden.

WAGMAN (142) und FARER (28) befürworten deshalb eine leicht konvex gestaltete subgingivale Kronenkontur. Sie soll nach WAGMAN etwa die Hälfte der Gingivastärke, so wie sie im Einzelfall an der Schmelzzementgrenze angetroffen wird, betragen. Hierdurch erreicht man, daß der Sulcus gingivae parallel zur Zahnlängsachse liegt und vor dem Einpressen von Nahrungspartikeln Schutz findet (vgl. Abb. 7).

JAMESON (54) fordert dagegen ein flaches bzw. leicht konkaves Kronenrandprofil, welches der attached gingivae genügend Raum läßt. Diese Kontur bildet die subgingivale Verlängerung des sogenannten "emergence profile", dem flachen oder konkaven Kronenprofil an der Austrittstelle aus dem Gingivasulcus (JAMESON (54); SCHÄRER et al. (118); STEIN und KUWATA (127)) (vgl. Abb. 8).

Abb. 7 Konvexes Kronenrandprofil nach WAGMAN

Abb. 8 Konkaves Kronenrandprofil nach JAMESON

2.2.3. Die parodontale Reaktion

Wie schädlich eine vermehrte Plaqueakkumulation durch überdimensionierte Kronenaußenflächen ist, zeigen die klinischen Experimente von LÖE et al. (82). Bereits nach 10 Tagen läßt sich bei vollständig gesunden Gingivaverhältnissen eine Gingivitis durch Vernachlässigung der Mundhygiene experimentell erzeugen.

Es ist bekannt, daß die Wechselwirkung zwischen mikrobieller Plaque und dem Immunsystem des Wirtes zu komplexen Entzündungsmechanismen im parodontalen Gewebe führt (ASH (3); CIMASONI (16); LANGE (67); RENGGLI (108); SPRANGER (126)). Aber auch lokale morphologische Bedingungen des Zahnfleisches sind für die parodontale Reaktion verantwortlich.

FORSSLUND (32) weist darauf hin, daß die Gefäße des subepithelialen Kapillarsystems stets maximal durchblutet werden. Bei einer erhöhten Funktion stehen demnach fast keine Reserven mehr zur Verfügung. Dies erklärt das marginale Parodont als "locus minoris resistentiae" (FORSSLUND (32); EICHNER (24)).

Im oberen Seitenzahnbereich ist der Zahnfleischrand vestibulär meist dünn und durchscheinend, oral mehr wulstig gestaltet (KRÖNCKE (66)). Daraus wird verständlich, warum vestibulär schneller und häufiger eine Hyperämie mit Rötung auftritt als oral, wo eine Schwellung ohne deutliche Farbveränderung überwiegt (EICHNER (23); HÜTTNER (51); KRÖNCKE (66)).

Nach EICHNER (26) bewirkt die Überdehnung des Zahnfleischrandes eine "chronische, leicht blutende Gingivitis" mit nachfolgender Hypertrophie und Bildung von Pseudotaschen. Diese Gingivitis kann zur parodontalen Erkrankung fortschreiten.

HÜTTNER (51) beobachtet, daß von 558 nachuntersuchten Kronen 56 % zu Parodontalveränderungen geführt haben. Bei einer klinischen Nachuntersuchung von FUHR et al. (33) zeigt die Hälfte der Kronen Retraktionen des Gingivalsaumes.

LEU (75) weist darauf hin, daß das Überkonturieren im Zervikalgebiet dazu verführt, die gesamte Krone zu wuchtig aufzubauen und damit überbreite Okklusalflächen zu formen. Zu breite Kauflächen können jedoch Funktionsstörungen oder Parafunktionen auslösen. LEU beobachtet daher nach Eingliederung metallkeramischer Arbeiten weitaus häufiger Wurzelhautentzündungen als bei konventionellen Brücken.

Die parodontale Reaktion auf Überkonturierungen ist ein multifaktorieller Vorgang, der nicht zuletzt von der individuellen Reaktionslage der Gewebe abhängt, was SCHRÖDER (121) bereits 1929 hervorhebt. Überdimensionierter Zahnersatz kann ebenso gut mit einer klinisch gesunden Gingiva einhergehen. Der Begriff der "parodontalen Resistenz" (KRÖNCKE (66)) gegenüber lokalen Reizfaktoren ist daher gerechtfertigt.

2.3. Methoden zur Bestimmung des Reizzustandes

2.3.1. Indizes

2.3.1.1. Plaque-Indizes

Mikrobielle Plaque und ihre Stoffwechselprodukte sind Reizfaktoren für das marginale Parodont (LANGE (67); RENGGLI (108); SPRANGER (126)).
Die Beurteilung der Mundhygiene erfolgt mit Hilfe von Plaque-Indizes (z.B. dem Plaque-Index nach QUIGLEY-HEIN (107) oder dem Approximalraum-Plaque-Index (API) nach LANGE (68)).
Der Plaque-Index nach SILNESS und LÖE (125) ist für klinisch-wissenschaftliche Untersuchungen besonders gut geeignet (LANGE et al. (68)).
Seine Bewertungsgrade lauten:

0 = Keine Plaque im gingivalen Bereich weder mit dem Auge noch mit der Sonde erfaßbar.

1 = Hauchdünner, nur durch Sondenprobe erkennbarer Plaquefilm nahe der marginalen Gingiva bzw. papillären Gingiva; dieser Plaquefilm ist wegwischbar.

2 = Gut sichtbare, weiche Beläge nahe der marginalen Gingiva und/oder papillären Gingiva.

3 = Deutlich dicke Zahnbeläge bis in den Sulcus hineingreifend und/oder nahe der marginalen bzw. papillären Gingiva. Der Interdentalraum ist mit weichem Belag ganz ausgefüllt.

Die Berechnung des Plaque-Index erfolgt für jeden Versuchszahn nach der Formel:

$$PJ = \frac{\text{Summe der bewerteten Flächen}}{\text{Zahl der bewerteten Flächen}}$$

2.3.1.2. Gingiva-Indizes

Gingiva-Indizes bewerten durch schonungsvolles Sondieren der marginalen Bereiche die Blutung sowie Form- und Farbveränderungen der Gingiva. Die in der Parodontologie üblichen Gingiva-Indizes sind:

- Sulcus-Blutungs-Index (SBI) nach MÜHLEMANN und SON (98)
- Papillen-Blutungs-Index (PBI) nach MÜHLEMANN (96)
- Gingiva-Index (GI) nach LÖE und SILNESS (81), welcher folgende Bewertungskriterien zeigt:

0 = Entzündungsfreie Gingiva. Die Gingiva ist blaßrosa bis rosa. Nach dem Trocknen erscheint die Gingiva matt. Der Stippelungsgrad variiert. Bei Palpation mit einem stumpfen Instrument zeigt sich die Gingiva fest.

1 = Leichte Entzündungssymptome. Die marginale Gingiva ist rötlich bis blaurot verfärbt und leicht ödematös. Am Sulcuseingang kann ein farbloses Exsudat beobachtet werden. Die Palpation mit einem stumpfen Instrument verursacht keine Blutung.

2 = Mittlere Entzündungssymptome. Die Gingiva ist von roter bis blauroter Farbe und leicht angeschwollen. Bei Palpation mit einem stumpfen Instrument blutet sie.

3 = Starke Entzündungssymptome. Die Gingiva ist auffallend rot bis blaurot und ödematös verändert. Es kommt zu Spontanblutungen und zum Teil zu Ulzerationen.

Die Berechnung des Gingiva-Index erfolgt in analoger Weise wie für den Plaque-Index.

So hilfreich diese Indizes für die klinische Behandlung sind, haben sie jedoch den Nachteil, daß sie aus einer subjektiven, oft nicht nachvollziehbaren Bewertung heraus erfolgen und deshalb hohe Anforderungen an die Erfahrung und das Wissen des Beurteilenden stellen.

Aber nicht nur die unterschiedliche Erfahrung verschiedener Untersucher, sondern auch die Untersuchungszeitpunkte sind nach WILDHIRT (148) maßgebend für die große Streubreite bei der Bewertung eines Tatbestandes.

WILDHIRT beobachtet, daß ein Untersucher bei wiederholter Anwendung eines Index an verschiedenen Tagen dazu neigt, das Ergebnis zu verfälschen. Ein mathematisch exakter Vergleich subjektiver Bewertungen scheidet daher seiner Meinung nach aus.

2.3.2. Objektive klinische Testmethoden

In den letzten zwanzig Jahren sind unterschiedliche objektivere Methoden zur klinischen Testung des gingivalen Reizzustandes entwickelt worden. Ihnen ist gemeinsam, daß die Bewertung von klinischen Fakten mit Hilfe eines Meßgerätes durchgeführt wird.

Die stereophotogrammatische Methode nach BERGHAGEN et al. (4) berechnet den Schwellungsgrad des Zahnfleisches durch Anwendung eines Stereomikroskops von der Firma ZEISS. Der Patient ist mit einer speziellen Bißplatte an das Kamerasystem fixiert. Dies erlaubt die Herstellung von standardisierten Photographien. Als Auswertungsinstrument steht ein Stereoautograph, der vertikale Niveaudifferenzen der labialen Gingiva graphisch bestimmt, zur Verfügung.

Die photogrammatische Methode von MIERAU (92) ermöglicht sogar eine dreidimensionale Auswertung morphologischer Veränderungen am parodontalen Gewebe. In Hartgips hergestellte Modelle werden mit einem speziellen Sockelungsgerät in situationsgleiche Beziehung gebracht. Ein Meßmikroskop kontrolliert die Übereinstimmung der Bezugspunkte auf den Modellen. Mit einem eigens dafür entwickelten Schneidgerät erfolgen Schnitte am Modell in mesio-distaler, vestibulo-lingualer und okklusal-paralleler Richtung. Die Gegenüberstellung von gleichen Modellsegmenten des An-

fangs- und letzten Kontrollbefundes erlaubt eine planimetrische Berechnung von Differenzflächen.

Der Turgormeter von MIERAU, MÄRTIRER und ZESEWITZ (93) dient zum Ermitteln des Gingivaturgors. Er ermöglicht die Darstellung von rhythmischen Schwankungen der Gingivadurchblutung im gesunden und auch pathologischen Zustand. Als Ergebnis der Messungen entstehen Gingivaturgorgramme, die die Durchblutungswellen der Gingiva aufzeichnen.

Ein neues, in der Praxis noch nicht erprobtes, Verfahren ist die farbmetrische Bestimmung von gingivalen Entzündungen (REUTER, GEISER et al. (110)). Marginale Parodontopathien gehen mit Veränderungen der Gewebedurchblutung einher. Sie sind durch Farbveränderungen erkennbar. Mit dem neu entwickelten Farbmeßgerät wird das von der Gingiva reflektierte Licht in drei Normfarbwerte zerlegt. Diese lassen sich mathematisch als Vektor in einem dreidimensionalen Farbenraum darstellen. Aus der Lage des Vektors in diesem Farbenraum kann der Grad der marginalen Entzündung bestimmt werden.

Die Messung der Sulcusflüssigkeit pro Zeiteinheit oder der Sulcus-Fluid-Flow-Rate (SFFR) ist ein in den letzten Jahren immer häufiger angewendetes Verfahren zur Beurteilung des Entzündungsgrades der Gingiva.

KRASSE und EGELBERG (64), EGELBERG (19), MANN (83), später JACOBY et al. (53) und SUEDA und CIMASONI (128) verwenden zur Aufnahme von Sulcusflüssigkeit Mikrokapillaren bzw. Mikropipetten, die entweder in die Zahnfleischfurche eingeführt werden oder am Sulcuseingang (KREKELER (65)) Flüssigkeit aufsammeln.

Nach dem Zentrifugieren der gewonnenen Sulcusflüssigkeit wird die Höhe des flüssigen Anteils ausgemessen und das Volumen berechnet (SUEDA und CIMASONI (128)).

BRILL und KRASSE (12), EGELBERG (19), MANN (83), OLIVER et al. (102), ORBAN und STALLARD (103), RÜDIN et al. (112), WEINSTEIN et al. (145) und VALAZZA (135) ziehen die Sulcusflüssigkeit mit genormten Filterpapierstreifen ab.

Bei der intracrevikulären Messung schiebt der Untersuchende den Filterpapierstreifen bis zum Erreichen eines leichten Widerstandes in den Sulcus vor, während er bei der extracrevikulären Methode den Streifen stufenförmig über den Sulcuseingang legt (BRILL und KRASSE (12)).
Die extracrevikuläre Messung liefert jedoch nur geringe wenig aussagekräftige Flüssigkeitsmengen.

Da die intracrevikuläre Messung zu einer Beschädigung des inneren Saumepithels führen kann, empfehlen LÖE und HOLM-PEDERSEN (80), den Meßstreifen lediglich an den Sulcuseingang zu bringen (vgl. Abb. 9).
Die abgezogene Flüssigkeitsmenge wird durch Anfärben der Filterpapierstreifen mit 0.2 % Ninhydrinlösung dargestellt.
Die Auswertung kann durch planimetrisches Vermessen der angefärbten Flächen (EGELBERG (19)) oder durch Vermessen unter einer Meßlupe (RÜDIN et al. (112)) oder durch Vermessen unter einem Mikroskop (GOLUB et al. (38)) erfolgen.
Die komplizierte Entwicklung und Auswertung der Meßstreifen haben den Nachteil, daß sie für eine routinemäßige Untersuchung in der Praxis zu

zeitaufwendig sind (TOPOLL und LANGE (131, 132)).

Eine schnelle elektronische Auswertung standardisierter Filterpapierstreifen gewährleistet das Periotron.

Abb. 9 Technik der Sulcusflüssigkeits-Entnahme

A. Extracrevikuläre Methode nach BRILL und KRASSE (1958)

B. Intracrevikuläre Methode nach BRILL und KRASSE (1958)

C. Intracrevikuläre Methode nach LÖE und HOLM-PEDERSEN (1965)

2.3.3. Das Periotron

1973 entwickelten KLEINBERG et al. (59) das Periotron, ein halbautomati-

sches Analysegerät zur Erfassung der Sulcus-Fluid-Flow-Rate (SFFR). Dieses Gerät, auch mit HAR-600 bezeichnet, wird von Harco-Electronics*1 produziert und über SIEMENS-DENTAl*2 in Europa vertrieben.

An der rechten Seite des Gerätes befinden sich zwei Flüssigkeitssensoren, von denen der eine zur Aufnahme eines Meßstreifens durch eine Taste nach unten bewegt werden kann (vgl. Abb. 11). Diese Sensoren funktionieren ähnlich den Platten eines Kondensators (CIMASONI (16); LANGE und TOPOLL (70); SUPPIPAT und SUPPIPAT (129)). Die zwischen die Sensoren gelegten angefeuchteten Meßstreifen wirken als Dielektrikum und beeinflussen die Kapazität des Gerätes (HÖLL (49)) (vgl. Abb. 12).

Eine Digitalanzeige gibt den relativen Gehalt an Flüssigkeit in Mikroampere wieder. Der gemessene Wert ist der von dem Streifen aufgesogenen Flüssigkeitsmenge linear proportional (SPRANGER (126)). Soll das Ergebnis in μl ausgedrückt werden, so erleichtert eine Eichkurve die Umrechnung (vgl. Abb. 10).

Ein trockener Papierstreifen läßt den Wert 0 auf der Digitalanzeige erscheinen. Mit dieser sogenannten Sulcus-Hygrometrie können Flüssigkeitsvolumen von 0.05 μl bis maximal 0.5 μl gemessen werden (SUPPIPAT und SUPPIPAT (129)).

*1 Dental Products Division, Winnipeg, Kanada

*2 in Bensheim

Die Zusammensetzung der Sulcusflüssigkeit, die zuweilen durch einen höheren oder geringeren Eiweißgehalt charakterisiert sein mag, nimmt keinen Einfluß auf die Höhe der Meßwertanzeige (LANGE und TOPOLL (70); SPRANGER (126)).

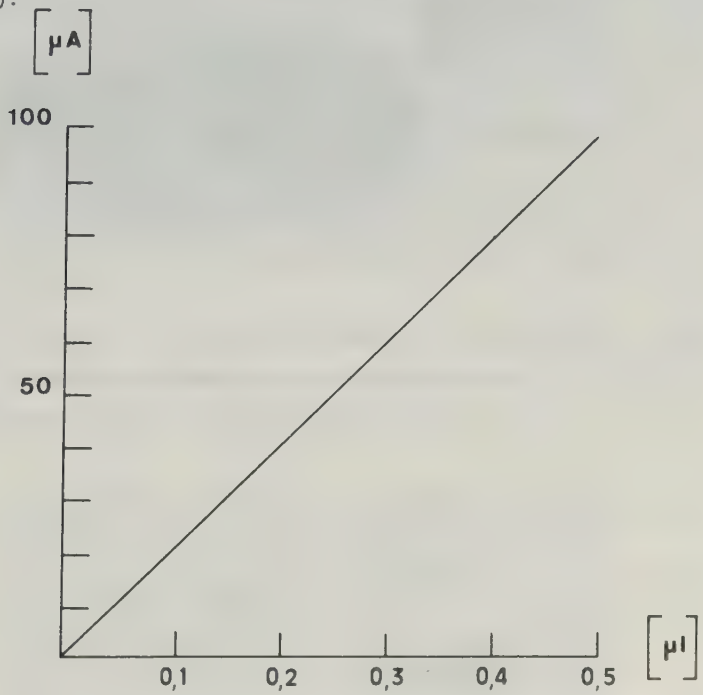


Abb. 10 Eichkurve zur Umrechnung der periometrischen SFFR-Menge von Mikroampere in Mikroliter (aus: GUIDE FOR USING THE PERIOTRON)

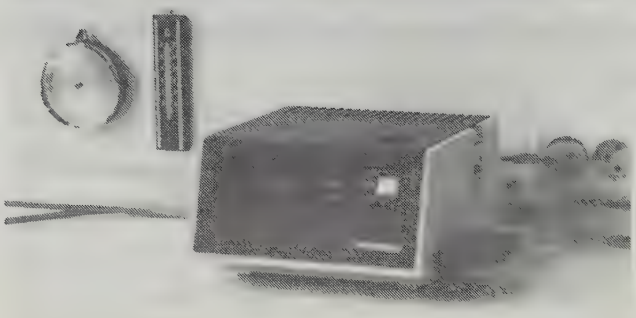


Abb. 11 Das in dieser Arbeit verwendete Periotron. Links im Bild ein Thermometer und ein Hygrometer zur Messung von Temperatur und Luftfeuchtigkeit im Untersuchungsraum.

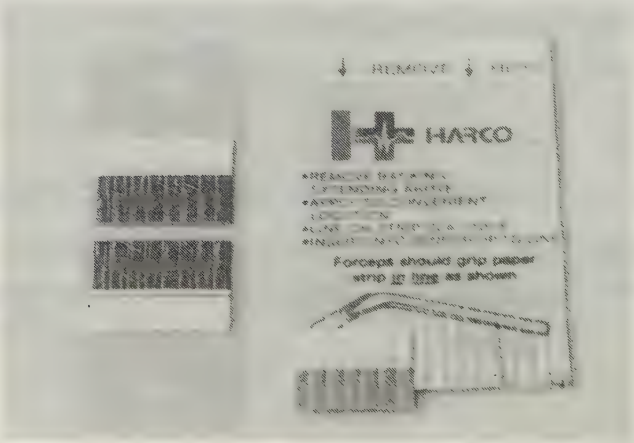


Abb. 12 Die genormten Filterpapierstreifen

2.3.3.1. Die Sulcusflüssigkeit

Die Sulcusflüssigkeit wurde bereits 1817 von SERRES* (124) beschrieben, aber erst durch die Arbeiten von WAERHAUG (140), BRILL (9) und EGELBERG (20) erkannte man ihre Bedeutung. Nach überwiegender Meinung ist die Sulcusflüssigkeit ein entzündliches Exsudat (BRILL und BJÖRN (10)); OLIVER et al. (102); WEINSTEIN et al. (145); RÜDIN et al. (112)).

Bei einer klinisch gesunden marginalen Gingiva treten geringe oder so gut wie keine Flüssigkeitsmengen aus dem Sulcus heraus (LÖE und HOLM-PEDERSEN (80); OLIVER et al. (102)).
Die Erhöhung der Sulcusflüssigkeit steht in direktem Zusammenhang mit einer Permeabilitätssteigerung der unter dem Saumepithel liegenden Blutgefäße (EGELBERG (20); RENGGLI (108)).

LÖE (80) beobachtet, daß die SFFR bereits einige Tage vor dem Auftreten klinisch sichtbarer Entzündungszeichen ansteigt. Ferner konnte gezeigt werden, daß die Flüssigkeit, die aus der Tasche sickert, letztlich aus dem Blut stammt (BRILL et al. (11)).

Die Zusammensetzung des Zahnfleischexsudats gleicht der des Blutplasmas. Es werden α-Aminosäuren (BRILL (8)), Plasma-Proteine (BRILL et al (11)), verschiedene Elektrolyte, z.B. Na, K, Ca, P (KRASSE und EGELBERG (64)), Fermente (LANGE et al. (69); TYNELIUS-BRAFTHALL et al. (134)) und zelluläre Bestandteile wie Epithelzellen und neutrophile Leukozyten nachgewiesen (LÖE (78); EGELBERG (18)).

* SERRES, Etienne-Rénaud-Augustin (1787-1868), Professor der Anatomie und Naturgeschichte in Paris

Die Sulcusflüssigkeit kann nicht als Sekret betrachtet werden, da sich in der marginalen Gingiva keine Drüsen befinden (BRILL (9)). Durch einen Filtrationsvorgang, bei dem der hydrostatische Druck der Gewebsflüssigkeit vermutlich die treibende Kraft ist (LÖE (78)), gelangt die Flüssigkeit aus dem subepithelialen Raum in die Zahnfleischtasche. Dem Zahnfleischexsudat wird auch eine reinigende Funktion zugeschrieben, da der Flüssigkeitsstrom sowohl Holzkohleteilchen als auch Bakterien aus der Zahnfleischtasche entfernen kann (BRILL (10)).

Die Höhe der SFFR hängt jedoch nicht nur vom Entzündungsgrad der Gingiva, sondern auch von anderen Parametern ab, z.B. von hormonellen Schwankungen (LINDHE und SONESSON (77)), von der mechanischen Stimulation durch das Kauen (BRILL und KRASSE (12)) oder durch das Zähneputzen (BRILL (7)). Der Übergang von einer subklinischen zu einer klinisch manifesten Entzündung ist daher fließend (BRILL (9)).

2.3.3.2. Die periometrische SFFR-Messung und bisher durchgeführte Untersuchungen

Die Empfindlichkeit des Periotrons, die es erlaubt, kleinste Flüssigkeitsmengen zu registrieren, ist an ein zeitlich beschränktes, standardisiertes Vorgehen gebunden. Der Untersuchende hat die Möglichkeit, den Filterpapierstreifen intra- oder extracrevikulär zu benutzen oder nach LÖE und HOLM-PEDERSEN (80) am Sulcuseingang anzusetzen.
Die Liegedauer des Filterpapierstreifens im Gingivalsulcus und die damit verbundene unterschiedliche Flüssigkeitsmenge beeinflussen die Höhe der Meßwertanzeige (SPRANGER (126)).

GOLUB und KLEINBERG (39) verwenden zwei Filterpapierstreifen für die Messung der SFFR. Der erste Streifen bleibt für einige Sekunden im Sulcus. Nach einer Wartezeit von 27 Sekunden saugt der zweite Meßstreifen, dessen Feuchtigkeit dann ausgewertet wird, die Flüssigkeit im Sulcus 30 Sekunden lang auf.

HÖLL (49) beläßt den ersten Streifen für 3 Sekunden im Gingivalsulcus und führt nach einem Zeitintervall von 27 Sekunden mit einem zweiten Streifen eine extracrevikuläre Messung für 3 Sekunden durch.
Der Zwei-Streifen-Methode liegt die Vorstellung zugrunde, daß die Zahnfleischtasche in der Lage sei, Sulcusflüssigkeit zu speichern. Die Poolmenge steht dabei in unmittelbarem Zusammenhang mit dem Entzündungsgrad der Gingiva. Gelingt es den Speicher zunächst zu leeren, so kann die in der Zeiteinheit nachfließende Menge, d.h. die Sulcus-Fluid-Rate gemessen werden (HÖLL (49)).

Im Vergleich mit der intracrevikulären Ein-Streifen-Methode zeigt die Zwei-Streifen-Methode mit 3-27-30 Sekunden Intervall den Nachteil einer häufigen Speichelbeeinflussung (BERNHARDT (6)).
Je länger der Filterpapierstreifen im Gingivalsulcus verbleibt, desto eher nimmt er die Feuchtigkeit der mikrobiellen Plaque, die Ausatemluft und feinste Speicheltröpfchen auf und verfälscht somit die Meßwerte.

SPRANGER (126) fordert deshalb eine kurze Liegezeit des Meßstreifens in der Zahnfleischtasche. Für die intracrevikuläre Ein-Streifen-Methode mit 10 Sekunden Liegedauer setzt er folgende Eckdaten fest:

1. Meßwertanzeige 0-10 entspricht einer gesunden Gingiva.
2. Meßwertanzeige 11-40 entspricht einer milden Exsudation bis zur beginnenden Gingivitis.
3. Meßwertanzeige über 40 entspricht einer etablierten Gingivitis oder marginalen Parodontitis.

BERNHARDT (6) findet jedoch keine Übereinstimmung seiner Meßergebnisse mit den angegebenen Eckdaten.
Die intracrevikuläre Ein-Streifen-Methode liefert signifikant höhere Meßdaten. WACHTEL (139) ändert deshalb die Eckwerte wie folgt ab:

0 - 15 = gesundes Parodont
16 - 20 = leichte entzündliche Veränderungen
21 - 35 = etablierte Gingivitis
36 und höher = schwere Gingivitis und Parodontitis.

Um die Auswertung zu standardisieren, ist nach SUPPIPAT und SUPPIPAT (129) darauf zu achten, daß die Meßstreifen immer zwischen die vorderen Hälften der Sensoren gelegt werden. Die blaue Referenzlinie auf den Meßstreifen erleichtert die Realisierung dieses Hinweises.
Die Genauigkeit des Periotrons zeigt sich darin, daß die periometrische Analyse des Meßstreifens dem Vergleich mit der chemischen Analyse des Meßstreifen mit Ninhydrin standhält (SUPPIPAT und SUPPIPAT (129)).

3. SPEZIELLER TEIL

3.1. Untersuchungsziel

Ziel dieser Untersuchung ist es, die parodontalen Reaktionen von Versuchspersonen auf überkonturierte bukkale Zahnflächen und ihre Abhängigkeit von der Mundhygiene zu bestimmen. Zur Bewertung der Mundhygiene und des Reizzustandes der marginalen Gingiva kommen unterschiedliche klinische Testmethoden zur Anwendung und werden miteinander verglichen.

Die Beziehung zwischen der Einwirkung von lokalen, quantifizierbaren Reizen und der Reaktion des Parodontiums soll eine Aussage über die individuelle parodontale Resistenz bzw. parodontale Insuffizienz der Versuchspersonen ermöglichen.

3.2. Eigene Untersuchungen

3.2.1. Versuchsplanung

Die Vorversuche dienen dazu, eine Versuchsanordnung zu finden, die es erlaubt, durch Überkonturierung von Zahnflächen lokale quantifizierbare Reize auf die marginale Gingiva auszuüben.

Die Herstellung von überkonturierten Kronen und ihre provisorische Eingliederung sind naheliegend; es ist jedoch nicht auszuschließen, daß die einzelnen Schritte wie Präparation, Fadenlegen, Abformung die Integrität des Parodonts bereits vorschädigen und somit zu einer Verfälschung der Meßwerte führen.

Eine subgingivale Präparation, auch ohne Schädigung der marginalen

Gingiva, ist abzulehnen, da der Sulcus gingivae in den Versuchsaufbau miteinbezogen werden soll und dieses Vorgehen nicht versuchsweise bei Probanden gewählt werden kann.

LIETZMANN (76) und SCHLEGEL (120) berichten von einer Methode, bei welcher sie nierenförmige Plättchen aus Goldblech zunächst auf Gipsmodellen anpassen und dann mit einem Gewebekleber und zusätzlichen Drahtligaturen am Versuchszahn befestigen. Diese Versuchsanordnung hat den Nachteil, daß die Ligaturen in allseitigem Kontakt mit der Gingiva stehen und einen zusätzlichen Störfaktor bilden, welcher im Approximalraum eine Irritation der Papille herbeiführt.

Zu erwägen ist das Anbringen eines zirkulären Bandes in Form von Kupferringen oder Matrizen, das erlaubt, die bukkale Außenfläche mit Kunststoff zu überkonturieren. Matrizen der Firma Caulk, die unter dem Handelsnamen Automatrix als ein Matrizen-System ohne Halter erhältlich sind, lassen sich im Interdentalraum nicht exakt anpassen. Die in die Metallbänder eingearbeitete Klemme, die zum Adaptieren der Matrize an den Zahn dient, stellt eine Plaqueretentionsstelle dar und kann damit, ähnlich wie Drahtligaturen, zu Fehlinterpretationen führen.

Eine weitere ohne großen Arbeitsaufwand realisierbare Methode ist das Auftragen von selbsthärtendem Kunststoff, um eine Überkonturierung der Zahnfläche ohne Präparationstrauma der Gingiva zu ermöglichen. Dieser Weg wird von SACKETT und GILDENHUYS (114) vorgeschlagen. Hierbei ist jedoch zu bedenken, daß ein direkter Kontakt mit selbsthärtendem Kunststoff zur Irritation der marginalen Gingiva führt. So können WAERHAUG und ZANDER (141) durch histologische Schnitte am Parodont von Affen und

Hunden zeigen, daß selbsthärtender Kunststoff, der bis in den Sulcus extendiert wird, chronische Entzündungen hervorruft.

Kunststoff, der durch seine Oberflächenrauhigkeit die Plaqueakkumulation fördert (EICHNER (22); WAERHAUG und ZANDER (141)) und zusätzlich durch seine chemischen Bestandteile Veränderungen innerhalb der Gingiva hervorrufen kann, ist nicht das geeignete Material, wenn beabsichtigt ist, alleine die Auswirkung von überkonturierten Zahnflächen zu untersuchen.

Eine weitere Möglichkeit, eine paßgetreue überkonturierte Außenflächengestaltung der Versuchszähne zu erreichen, ohne daß bereits die Wahl des Materials Auswirkungen auf die entzündliche Reaktion der Gingiva hätte, besteht im Gießen von Plättchen aus Metall. Die sich anschließende keramische Verblendung verhindert eine materialbedingte Plaqueakkumulation und verhält sich gegenüber der Gingiva reizlos (EICHNER (25); HAAG (43)).

Wiron 88 *1 dient zunächst als Versuchsmaterial. Im Labor werden die bukkalen Flächen von extrahierten Zähnen in dünner Schicht mit dem grünen Stangenwachs "Prepon" von der Firma BAYER verkleidet. Dem schließt sich das Einbetten der Wachsplättchen in BEGORAL *1 und das Gießen in der elektrischen Hochleistungs-Schmelzanlage *2 an. Die in Wiron 88 hergestellten Plättchen sind nun bereit zum Aufbrennen der keramischen Verblendung.

*1 hergestellt von der Firma BEGO

*2 von der Firma DEGUSSA

Hierzu steht ein VITA-INFRAMAT-Keramikbrennofen zur Verfügung. Beim Auftragen der Keramikschichten PAINT-ON und VMK 68-Dentinmasse* in zwei Bränden bei 980° C zeigt es sich, daß eine kleine Einsparung am oberen Plättchenrand zum Festhalten mit der Pinzette notwendig ist.

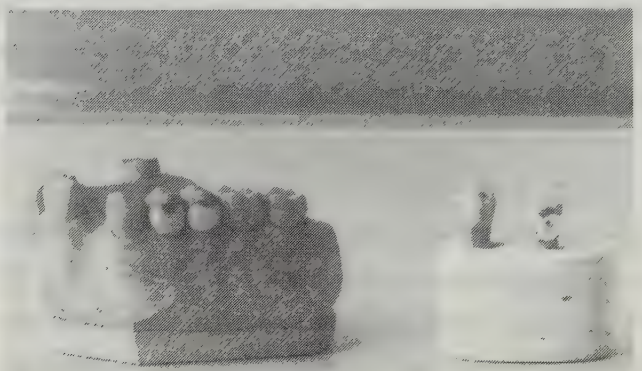


Abb. 13 Die in den Vorversuchen verwendeten Plättchen

Bei den Vorversuchen findet Wiron 88, ein Nichtedelmetall mit hohem Nickelanteil, als Gerüstmaterial Verwendung. Für die klinische Untersuchung wird jedoch auf die seit 1965 bewährte Aufbrennlegierung Degudent U (EICHNER (25); MARXKORS und THOMAS (86); WAGNER (143)) zurückgegriffen, da nicht mit allerletzter Sicherheit ausgeschlossen werden kann, daß Nichtedelmetalle allergische Kontaktreaktionen der Gingiva bei ausreichend sensibilisierten Patienten auslösen (GALANDI (35)).

* VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen

Schwierigkeiten bereitet die Befestigung der keramisch verblendeten Wiron 88 Plättchen an den extrahierten Zähnen. Befestigungsversuche mit Durelon, einem Carboxylat-Zement von der Firma ESPE, oder mit Glas-Ionomer-Zement von der Firma FUJI schlagen fehl. Bei mäßigem Sondendruck reißen die Plättchen ab. Auch die Anwendung des Gewebeklebers N-Histoacryl blau*, einem Butylzyanoakrylattyp, dessen Klebewirkung auf spezifischen Wasserstoffbrückenbindungen zwischen Gewebe und polymerisiertem Kleber beruht (GITT (37); GREER (41)), zeigt nicht den gewünschten Erfolg. Nach dreitägiger Lagerung in destilliertem Wasser lassen sich die Plättchen mit geringer Kraft abreißen.

Die Schmelzoberfläche weist also eine ungenügende Retention für das Befestigungsmaterial auf. Erst die Konditionierung des Schmelzes, wie in der Säureätztechnik üblich, führt im Labor zu einem besseren Verbund zwischen Zahn und Plättchen. Das Anätzen der Schmelzoberfläche gewährleistet eine ausreichende mechanische Haftung für des Befestigungsmaterial.

Nach Ansicht von NEWESELY (101) und BÜTTNER (13) bewirkt das Anätzen tiefe Strukturveränderungen des Schmelzes und damit Mikroschäden.

Demgegenüber sind LENZ et al. (73) und MÜHLEMANN et al. (97) der Auffassung, daß die Schmelzätzung als ungefährlich anzusehen ist, da die angeätzten Schmelzbereiche innerhalb von wenigen Tagen mit einem feinkörnigen Niederschlag bedeckt werden. Die klinischen Ergebnisse der Fissuren-

* Produkt der Firma BRAUN, Melsung AG

versiegelungstherapie, wo weit ausgedehntere Schmelzbereiche, als es für die vorliegende Untersuchung notwendig ist, angeätzt werden, zeigen keinen Fall, wo nachweislich ein Schaden gesetzt wird (GAEDECKE (34); HEISSE (47); LENZ et al. (73)).

Nach Ansicht von GAEDECKE (34) ist jedoch auf die genaue Einhaltung der vom Hersteller angegebenen Einwirkzeit des Conditioners zu achten, da sonst die Schmelzoberfläche dazu neigt, zusammen mit dem Befestigungsmaterial abzureißen.

Die Lage der Bruchstelle hängt nicht nur von der Ätzzeit, sondern auch von der Säurekonzentration, der Sprayzeit zur Beseitigung der Säurereste und der Kontamination der geätzten Schmelzoberfläche mit Speichel ab (DIEDRICH et al. (17)). Bei intensiver Ausbildung mikromechanischer Retentionen zwischen Kunststoff und geätzter Schmelzoberfläche kann es bei Verbundtrennung nach DIEDRICH teilweise zu Schmelzausrissen kommen, die bis zu einer Tiefe von 100 µm reichen.

3.2.2. Hauptversuche

3.2.2.1. Versuchsaufbau

3.2.2.1.1. Patientenauswahl

In einem sechswöchigen Versuch stehen 20 Probanden für klinische Tests zur Verfügung. Der Versuch gliedert sich in vier Phasen auf: Anfangsbefund, Phase A, Phase B und Phase C.

Bei den Probanden handelt es sich um Studenten des Technisch-Propädeutischen Kurses in der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Freien Universität Berlin. Ihr Alter liegt zwischen 19 und 35 Jahren, im Durchschnitt zur Zeit der Untersuchung bei 23.5 Jahren. Da hormonelle Schwankungen die entzündliche Reaktion der Gingiva beeinflussen können (LINDHE und SONESSON (77); MÜHLEMANN (95)), sind die zu untersuchenden Personen alle männlichen Geschlechts.

Es werden kariesfreie, nicht überkronte obere Prämolaren mit einem Gingiva-Index von 0 bis 1 (Gingiva-Index nach LÖE und SILNESS (1963) (81) modifiziert nach LÖE (1967) (79)) ausgewählt. Alle Probanden sind Rechtshänder.

Vor Beginn der Untersuchungen erfolgt auf einem Befundbogen (siehe Anhang) die Dokumentation folgender Merkmale:

1. Allgemeinzustand: Keiner der Probanden weist eine Erkrankung, ein organisches Leiden auf.
2. Plaque-Index nach SILNESS und LÖE (1964) (125): Lediglich zwei Probanden haben eine schlechte Mundhygiene.

3. Der Gingiva-Index nach LÖE und SILNESS (1963) modifiziert nach LÖE (1967).

4. Die photographische Dokumentation: Nach dem Anfärben der Plaque mit Zweifarb-Plaque-Indikator-Kautabletten* hält eine Photographie die Situation im Munde fest.

5. Die Sondiertiefe: Es steht eine Parodontalsonde der Bezeichnung PCP 10 von der Firma HU Friedy zur Verfügung. Die Sondiertiefe erreicht in allen Fällen normale physiologische Werte.

6. Füllungen: Schlechte Füllungen mit Randspalt oder überstehenden Rändern sind zu wiederholen bzw. zu korrigieren.

7. Karies: Die Versuchszähne sind in allen Fällen kariesfrei.

8. Vitalität: Die Vitalität ist in allen Fällen positiv.

9. Breite der attached Gingiva: Sie erreicht in allen Fällen normale physiologische Werte, die sich zwischen 5 und 13 mm bewegen.

* vertrieben durch COOPER DENTAL, Frankfurt

3.2.2.1.2. Der Untersuchungsbogen

Während der klinischen Tests erfolgt eine laufende Dokumentation der gemessenen Daten über den Plaque-Index, Gingiva-Index und die Gingiva-Sulcus-Hygrometrie auf einem Untersuchungsbogen (vgl. im Anhang).

Eine standardisierte photographische Dokumentation schließt sich an. Die Hälfte der Probanden soll das keramisch verblendete Plättchen auf der bukkalen Fläche des linken oberen ersten Prämolaren, die andere Hälfte auf der bukkalen Fläche des rechten oberen ersten Prämolaren tragen. Zum Vergleich und zur Kontrolle sind die beiden Nachbarzähne und der auf der auf der Gegenseite befindliche erste Prämolar in die Versuchsreihe miteinbezogen.

Für den Plaque- und Gingiva-Index liegen die Meßpunkte eines jeden Zahnes mesial, bukkal und distal. Die Messung der Sulcusflüssigkeitsrate erfolgt bukkal. Da eine standardisierte photographische Dokumentation von palatinal nicht möglich ist, wird auf palatinale Meßpunkte verzichtet.

3.2.2.1.3. Die Mundhygiene als variabler Faktor

Plaqueakkumulation und die entzündliche Reaktion der Gingiva stehen in kausalem Zusammenhang (ASH et al. (3); CROSS (17); LÖE et al. (82)). Zur Verstärkung einer parodontalen Reaktion im Sinne einer Erhöhung oder Verminderung von Entzündungszeichen ist die Mundhygiene als eine Variable in die Versuchsreihe miteinbezogen.

Der Versuch erstreckt sich über 12 Sitzungen, wobei die ersten drei Sitzungen über die habituelle Mundhygiene Auskunft geben. In der Phase A des Versuchs behalten die Probanden ihre jeweilige Mundhygiene und Putztechnik bei. In der Phase B stellen die Probanden jegliche Mundhygiene ein (vgl. Tab. 2).

Eine optimale Mundhygiene wird den Probanden für die Phase C beigebracht. Hierbei kommt die modifizierte Bass-Technik zur Anwendung. In einem Winkel von 45 Grad wird die Zahnbürste an die vestibuläre Zahnfläche und den Marginalsaum (in Richtung Zahnfleisch) angelegt, wobei kleine, zirkuläre Bewegungen ausgeführt werden. Die erfolgreiche Anwendung der Bass-Technik wird durch die Demonstration am Modell und die Aushändigung eines Merkzettels gewährleistet (vgl. im Anhang).
Jeder Proband erhält in der Phase C eine Oral B-35-Multituft-Zahnbürste* mit abgerundeten Borstenenden und eine Tube Zendium-Zahncreme*. Dadurch sind weitgehend gleiche Bedingungen für alle Versuchspersonen gegeben.

* vertrieben durch die Firma COOPER DENTAL, Frankfurt

	1.Woche					2.Woche					3.Woche					4.Woche					5.Woche					6.Woche				
	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Mo	Di	Mi	Do	Fr
	Anfangsbefund										Phase A (Normale Mundpflege)										Phase B* ⟷					Phase C (Mod.Bass Technik)				
PI	X					X										X					X					X				
GI	X					X										X					X					X				
Photo	X					X										X					X					X				
SFFR	X					X										X					X					X				
Aufkleben d. Plättchen											↑ X																			
Abnahme der Plättchen																														X

Tab. 2 Zeitlicher Ablauf der Untersuchungen (schematisch)
* keine Mundpflege

3.2.2.1.4. Die Herstellung der keramisch verblendeten Plättchen aus Degudent U

Am Tage der Befunderhebung erfolgt die einseitige Abformung der Versuchszähne mit Impregum. Zum Öffnen des bukkalen Gingivalsulcus dient das Legen eines Retraktionsfadens. Nach der Herstellung von Arbeitsmodellen aus Tewestone, dem Aufwachsen der Plättchen und ihrem Einbetten in Deguvest HFG*1 sind diese nun bereit zum Gießen in der elektrischen Hochleistungs-Schmelzanlage*2. Nach langsamem Abkühlen der Muffel schließt sich das Abbeizen der Degudent U-Plättchen mit Neacid an. Mit einer kreuzverzahnten Hartmetallfräse läßt sich die Oberfläche ausreichend glätten.

Bei der Einprobe der Plättchen im Munde der Probanden zeigt sich die Notwendigkeit, Länge und Dicke des in den Sulcus ragenden Plättchenteiles zu vermindern. Anämische Bereiche der Gingiva und Verletzungen des Sulcusbodens sollen die Meßergebnisse nicht verfälschen. Mit einem nicht toxischen Filzschreiber wird der Verlauf der marginalen Gingiva auf dem Plättchen markiert.

Im Labor können nun die Degudent U-Plättchen keramisch verkleidet werden. Nach dem Abstrahlen der Plättchen mit Aluminiumoxid der Korngröße 250 μm*2, zu 99.9 % rein, findet nun 1 Minute lang der atmosphärische Oxidbrand bei 910^{o} C im INFRAMAT-Brennofen statt. Es folgt das Aufbrennen der Keramik-

*1 von der Firma DEGUSSA

*2 von der Firma BEGO

schichten PAINT-ON bei 960° C sowie der VMK 68-Dentinmasse bei 980° C. Nach dem Glätten der Keramikoberfläche mit einem diamantierten Schleifkörper schließt sich ein Glanzbrand mit Glasurmasse bei 930° C an. Die nicht verkleideten Metallränder der Plättchen erhalten nun eine Hochglanzpolitur.

Die so hergestellten Plättchen weisen 1 mm von ihrem unteren Rand entfernt eine Metall-Keramik-Schichtstärke von durchschnittlich 1.6 mm auf. Mit Hilfe des Tasterzirkels lassen sich Werte von 1.2 bis 1.8 mm ermitteln.
Bei 2 mm Distanz vom unteren Plättchenrand reichen die Schichtstärken von 2 bis 2.1 mm und betragen im Durchschnitt 2 mm. Der keramisch nicht verkleidete Plättchenrand ist einem Kronenrand ähnlich und weist eine Stärke von 0.15 - 0.3 mm, im Durchschnitt von 0.27 mm auf. Die Höhe des Plättchenrandes liegt zwischen 0.5 und 0.75 mm, im Durchschnitt bei 0.5 mm.

3.2.2.2. Versuchsdurchführung

3.2.2.2.1. Das Aufkleben der keramisch verblendeten Plättchen aus Degudent U

Vor dem Aufkleben der Plättchen muß eine Reinigung der vorgesehenen oberen Prämolaren mittels Bürstchen und Polierpaste (Zirkate Prophy Paste von CAULK) erfolgen. Zur Trockenlegung der bukkalen Zahnfläche und zum Schutz der marginalen Gingiva ist das Anlegen eines Cofferdams von Vorteil.

Für die Schmelzkonditionierung steht der Schmelzreiniger Esticid*1 in einer Konzentration von 35 % zur Verfügung. Mit einem Schaumstofftupfer wird die Ätzflüssigkeit 90 Sekunden lang punktförmig auf die Mitte der bukkalen Zahnfläche aufgetragen. Nach dem Abspülen mit Wasser und Trokkenblasen können die Plättchen auf die so vorbehandelten Zahnflächen befestigt werden.

Da in Gingivanähe die Schmelzoberfläche nicht angeätzt werden soll, kommen zwei verschiedene Befestigungsmaterialien zur Anwendung. Im gingivafernen, kreisförmig angeätzten Bereich ist es Estic-microfill flow, ein noch nicht im Handel erhältliches Kunststoffprodukt der Firma KULZER. Dieser Composit-Kunststoff enthält zu 50 % anorganische Füllstoffe. Das Monomer besteht aus mehrfunktionellen Metacrylsäureestern (JANDA (55)). Das Anmischverhältnis von Basis- und Katalysatorpaste ist 1 : 1. Die Verarbeitungsbreite beträgt bei 23° C 1 3/4 Minuten, die Aushärtungszeit 3 1/2 Minuten.

*1 Firma KULZER

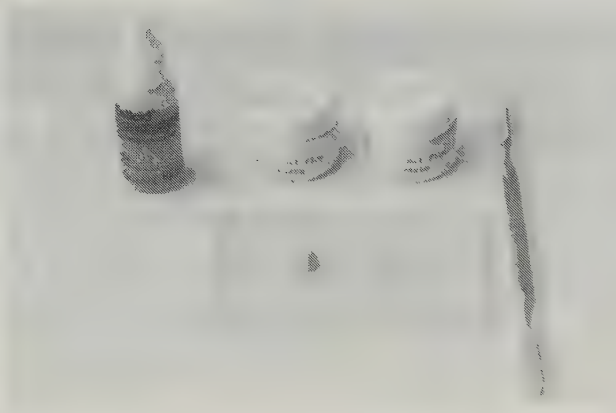


Abb. 14 Das in dieser Arbeit verwendete Befestigungsmaterial Estic-microfill flow (Fa. KULZER)

Abb. 15 Das in dieser Arbeit verwendete Befestigungsmaterial Glas-Ionomer-Zement (Fa. FUJI)

Das andere Befestigungsmaterial, welches im Sulcusbereich Verwendung findet, ist Glas-Ionomer-Zement Typ 1 der Firma FUJI für Zementierung und Unterfüllung. Es besteht aus ultrafeinem Spezial-Glaspulver und einer hochpolymeren Karboxylatsäure-Flüssigkeit. FUJI-Ionomer verbindet sich mit Kalzium-Ionen im Schmelz durch Kreuzvernetzung. Das Standard-Mischungsverhältnis Pulver/Flüssigkeit beträgt 1.3 zu 1.0. Diese Konsistenz ist bei Verwendung des Dosierstabes und der Pipette (ein Tropfen) gewährleistet. Die Verarbeitungszeit für kleine Mengen liegt zwischen 40 und 60 Sekunden.

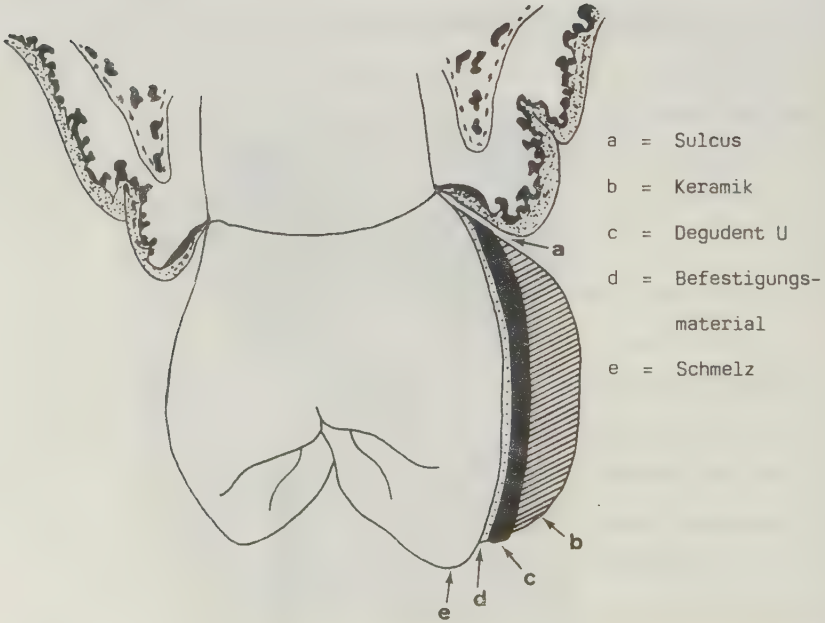


Abb. 16 Versuchsaufbau der vorliegenden Arbeit

Bei genauer Einhaltung der genannten Mischungsverhältnisse wird zunächst der Glas-Ionomer-Zement angemengt, sodann der Kunststoff. Die Verarbeitung muß zügig erfolgen. Das untere Drittel der Plättchen ist mit Glas-Ionomer-Zement, die oberen zwei Drittel mit Estic-microfill flow dünn ausgestrichen. Da Glas-Ionomer-Zement laut Verarbeitungshinweis die Abbindung von Composites nicht behindert, ist der gleichzeitige Gebrauch von Estic-microfill flow möglich, ohne daß eine chemische Interaktion zu befürchten wäre. Mit gleichbleibendem Fingerdruck ist das Plättchen 5 Minuten lang auf der vestibulären Zahnfläche anzupressen. Nach Abbindung der Befestigungsmaterialien müssen die Materialüberschüsse, insbesondere im Sulcusbereich, sorgfältig entfernt werden.

3.2.2.2.2. Die Messung des Plaque-Index

Für die Messung der Zahnbeläge kommt der Plaque-Index nach SILNESS und LÖE (125) zur Anwendung (vgl.S.29). Die Meßpunkte der Versuchszähne liegen mesial, bukkal und distal. Dieser Index bewertet die direkt an die Gingiva grenzende Plaque (LANGE (68)). Die Beurteilung der Plaque erfolgt nach 20 Sekunden Trocknen der Zahnoberfläche mit einem Luftbläser ohne Anfärbung lediglich mit Auge und Sonde.

3.2.2.2.3. Die Bestimmung des Gingiva-Index

Die Entzündungsgrade der marginalen Gingiva lassen sich nach dem von LÖE und SILNESS (81) veröffentlichten Gingiva-Index beurteilen (vgl. S.30). Der Gingiva-Index steht in ursächlichem Zusammenhang mit dem Plaque-Index (LÖE (79)). Mit der Dicke der Plaque steigt der Entzündungsgrad. Der Gingiva-Index berücksichtigt keine Taschentiefen, keinen Knochenverlust oder andere quantitative Veränderungen des Parodonts.

3.2.2.2.4. Die photographische Dokumentation

Im Verlauf der 6-wöchigen Untersuchung ist es von Vorteil, die einzelnen klinisch auftretenden Veränderungsstufen bezüglich der Gingivamorphologie und der Plaqueakkumulation durch eine photographische Dokumentation festzuhalten und einander gegenüber zu stellen. Situationsgleiche bzw. unter standardisierten Bedingungen hergestellte Aufnahmen dienen der Sichtbarmachung feinster Veränderungen und der Kontrolle ihres zeitlichen Ablaufs.

GERMANN (36) schlägt folgende Methode vor: Über die Okklusalflächen der zu photographierenden Zähne wird ein kleiner Kunststoffwall angebracht. Noch im plastischen Zustand ist das breite Ende einer Büroklammer so miteinzubetten (vgl. Abb. 17), daß die beiden plangeschliffenen Drahtenden circa 2 mm über den Kunststoffwall nach vestibulär herausragen.
Die Breite der beiden Drahtenden entspricht genau dem Abstand zweier vertikaler Linien des Fadenkreuzes im Sucher der Kamera. So können die beiden Drahtenden immer wieder auf das gleiche Kreuz ausgerichtet werden. Die Kamera ist in vertikaler, horizontaler Richtung fixiert und kann sich nicht um die Projektionsrichtung drehen.

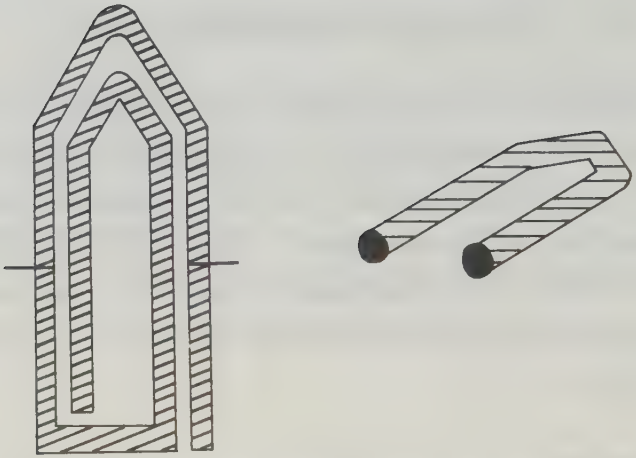


Abb. 17 Aus einer Büroklammer wird ein U-förmiges Drahtstück gewonnen, dessen Enden plangeschliffen werden.

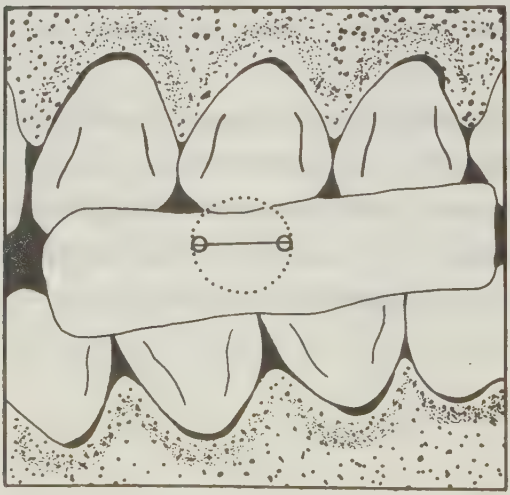


Abb. 18 Die beiden Drahtenden werden durch die horizontale Linie im Schnittbild-Entfernungsmesser miteinander verbunden.

Der Nachteil dieser Methode liegt in der Verwendung des Kunststoffmaterials. Es besteht die Gefahr, daß der Kunststoff in unter-sich-gehende Gebiete fließt und der Aufbiß sich nicht mehr ohne weiteres entfernen läßt. Von Nachteil ist ferner, daß selbst kleinste Korrekturen an der Lage der Drahtenden nicht mehr durchgeführt werden können.

Ein thermoplastisches Material, wie es bereits HIELSCHER (88) für situationsgleiche Röntgenbilder mit Hilfe der Rechtwinkeltechnik vorschlägt, ist daher geeigneter. Ein solches Material ist z.B. Xantygen von der Firma BAYER. Ein kleiner im heißen Wasserbad erweichter Wall aus Xantygen wird zwischen die obere und untere Zahnreihe des Probanden auf jeder Seite gelegt. Lediglich die plangeschliffenen und polierten Drahtenden einer Büroklammer neigen circa 2 mm heraus. Mit einer rauhen Flachzange, deren Branchenenden so breit sind, daß sie beide Drahtenden gleichzeitig fassen, kann nun die günstigste Position der Büroklammer und damit die Neigung der Kamera festgelegt werden.

Die photographische Dokumentation erfolgt in jeder Sitzung mit einer Canon AE 1-Kleinbildkamera, die mit einem 100mm-Macro-Objektiv und einem Ringblitz (Paffrath und Kemper) ausgerüstet ist. Das Abbildungsmaß beträgt 1 : 1. Das verwendete Filmmaterial (Kodak Ektachrome 200) erlaubt es, bei 1/60 sec. Blende 22 eine ausreichende Tiefenschärfe zu erhalten. Die Kamera wird so gehalten, daß die horizontale Linie im Schnittbild-Entfernungsmesser die plangeschliffenen Kreisflächen der Drahtende in der Mitte verbindet (vgl. Abb. 18). Sie ist dabei mit der Achse des Objektivs im rechten Winkel zu den Schnittflächen ausgerichtet. Bei den entwickelten Aufnahmen läßt sich eine korrekte Kamerahaltung daran erkennen, daß die Kreisflächen der Drahtenden weiß erscheinen, da sie das

vom Ringblitz auftreffende Licht direkt durch das Objektiv auf den Film reflektiert haben (vgl. Abb. 22 bis 27 im Bildanhang).

Die Aufnahmen erfolgen auf der Versuchsseite sowie auf der Kontrollseite. Zum Ruhighalten der Kamera dient der Schwenktisch der Einheit. Nach Entwicklung der Diafarbfilme werden 480 gerahmte Dias nacheinander auf eine Leinwand projiziert. Als Projektor dient ein Pradovit CA 1500 von Leitz. Der Vergrößerungsmaßstab bei Projektion der Dias auf die Leinwand beträgt 1 : 25.

Durch das Anlegen eines Lineals im distalen, bukkalen und mesialen Bereich eines jeden Zahnes läßt sich das Längenwachstum der Plaque in einer skalaren Meßgröße ausdrücken. Um den Maßstab von 1 : 1 wiederzuerhalten, sind die gefundenen Meßwerte durch 25 zu teilen. Für jeden Zahn gilt die Formel:

$$\frac{\text{Summe der Meßwerte (mm)}}{\text{Anzahl der Meßpunkte}} : 25$$

Durch die hohe Vergrößerung ist es mit Hilfe der Photographie möglich, auch geringste Farbveränderungen an der marginalen Gingiva festzuhalten.

3.2.2.2.5. Die periometrische Messung der Sulcus-Fluid-Flow-Rate (SFFR)

Alle Untersuchungen werden in demselben Raum durchgeführt, um die Raumtemperatur und Luftfeuchtigkeit annähernd konstant zu halten. Die Raumtemperatur liegt im Durchschnitt bei 23.9° C, die Luftfeuchtigkeit gemessen mit einem geeichten Hygrometer im Durchschnitt bei 44.6 %.

Vor Beginn der Versuche ist die Meßgenauigkeit bzw. Fehlerquote des Versuchsgerätes festzulegen. Hierfür stehen 5 nicht an den Hauptversuchen teilnehmende Probanden zur Verfügung. Der obere mittlere Schneidezahn

Proband	Zahn	SFFR				$\bar{x}$	$\bar{x} - x_n$			
1	11	10	12	13	11	11,5	1,5	0,5	1,5	0,5
	14	11	11	16	12	12,5	1,5	1,5	3,5	0,5
2	11	20	25	18	20	20,75	0,75	4,25	2,75	0,75
	14	22	22	19	22	21,25	0,75	0,75	2,25	0,75
3	11	9	7	9	9	8,5	0,5	1,5	0,5	0,5
	14	9	13	10	9	10,25	1,25	2,75	0,25	1,25
4	11	20	25	17	19	20,25	0,25	4,75	3,25	1,25
	14	22	22	18	19	20,25	1,75	1,75	2,25	1,25
5	11	6	12	12	10	10	4	2	2	0
	15	24	27	25	25	25,25	1,25	1,75	0,25	0,25

Tab. 3 Vorversuche, Einzelmessungen der SFFR in μA zur Ermittlung der Fehlerquote $\bar{x}$ ($\bar{x} - x_n$) bei den Messungen mit dem Periotron.

und der obere erste Prämolar eines jeden Probanden werden mit einem bukkal eingeführten Meßstreifen auf ihren Gehalt an Sulcusflüssigkeit überprüft. Unter der Bedingung, daß die SFFR stets den gleichen Wert erreicht, können für jeden einzelnen Zahn nach 4 Messungen an 4 Tagen der Mittelwert, die Abweichung vom Mittelwert und letztlich für alle Zähne die durchschnittliche Abweichung vom Mittelwert berechnet werden (vgl. Tab 3). Die durchschnittliche Abweichung aller Versuchszähne von dem jeweiligen Mittelwert beträgt 1.5 μA. Diese Ungenauigkeit muß bei der Auswertung der periometrischen Meßwertanzeigen berücksichtigt werden.

Die periometrische Messung läuft unter standardisierten Bedingungen ab: Nach mehrmaligem Spülen mit Wasser und vorsichtigem Entfernen eventuell vorhandener Beläge ist die vestibuläre Gingiva der zu untersuchenden Zähne 10 Sekunden lang mit einem Luftbläser bei konstantem Druck zu trocknen. Die Luftzufuhr erfolgt in Richtung Zahnachse zur Okklusalebene. Eine Schablone aus Wachs, die nur das Parodontium des zu untersuchenden Zahnes ausspart, vermeidet das Austrocknen der Nachbarparodontien. Eine Parotiswatterolle* in der Umschlagsfalte und eine Lage Mull zwischen der oberen und unteren Zahnreihe verhindern die Benetzung durch die Wangenschleimhaut und dienen zum Trockenhalten während des Meßvorganges.

* von der Firma ROESCHEISEN, Ulm

Der Meßstreifen wird circa 1 mm in den Sulcus vorgeschoben, ohne daß anämische Bereiche der marginalen Gingiva sichtbar werden sollten. Die Liegezeit beträgt, wie von SPRANGER (126) empfohlen, 10 Sekunden. Danach ist der Teststreifen zwischen die beiden Flüssigkeitssensoren zu legen und nach mindestens 20 Sekunden kann der auf der Digitalanzeige erscheinende Wert protokolliert werden. Um das Periotron auf den Meßwert 0 zu eichen, muß vor jeder Messung ein trockener Teststreifen zwischen die Sensoren eingeführt werden. Der blaue Referenzstreifen liegt genau auf der Kante der beiden Meßfühler. Nach einer Anzahl von Messungen erfolgt eine Reinigung der Sensoren von Salzausfällungen mit Watte und destilliertem Wasser.

3.2.2.2.6. Das Abnehmen der Plättchen und ihre rasterelektronenmikroskopische Untersuchung

Nach Abschluß der Versuche sind die Plättchen zu entfernen. Zuvor soll der Verbund der Plättchen mit den Versuchszähnen überprüft werden. Mit einem runden Diamantschleifer wird ein Loch in die vestibuläre Verblendung in okklusaler Richtung gebohrt, um hier eine Federwaage* anzusetzen. Die Zugrichtung erfolgt dabei senkrecht zur Zahnachse. Es können Meßwerte bis zu 20 N erreicht werden. Hierbei zeigt es sich, daß die Keramikschicht abplatzt, die Plättchen jedoch nicht abreißen. Um eine irreversible Schädigung des Parodonts zu vermeiden, muß auf eine stärkere Belastung verzichtet werden.

Mit einem großflächigen Diamentschleifer wird unter Wasserkühlung zunächst die Keramikschicht abgeschliffen, sodann muß das Metallplättchen in seiner Dicke reduziert werden. Das Absprengen des Plättchens ist nun mit einem Scaler leicht durchzuführen, wobei sich das dünne Metallplättchen gering aufbiegt.
Die abgesprengten Plättchen (vgl. Abb. 19) weisen auf der Innenseite eine vollständig erhaltene Kunststoff- bzw. Glas-Ionomer-Zement-Schicht auf, während die Schmelzoberfläche nur geringe Rückstände an Befestigungsmaterial aufweist. Schmelzabrisse sind nicht sichtbar.

* Correx-Federwaage von der Firma HAAG-STREIT AG, Bern

Der Versuchszahn wird von jeglichen Materialresten sorgfältig befreit. Die Politur der bukkalen Flächen erfolgt mit Gummipolierern und Polierpaste bis zum Hochglanz. Das Touchieren der Schmelzoberfläche mit Elmex schließt sich an. Eine Photographie hält die Situation fest.

Die abgenommenen Plättchen werden nun für eine rasterelektronenmikroskopische Untersuchung vorbereitet. Die Untersuchung soll die Frage nach der Schichtstärke des am Plättchen verbliebenen Kunststoffilms klären und zusätzlich die Kunststoffinnenseite auf abgesprengte Schmelzanteile hin überprüfen.

Das Einbetten von fünf Plättchen erfolgt in Tewestone. Mit einer Diamantkreissäge werden die Proben unter Wasserkühlung in Längsrichtung halbiert. Es schließt sich die Politur der Prüfkörper auf Pellona-Kunstfaserscheiben bis zu einer Körnung von 1 μm an. Die in Tewestone eingebetteten Proben und fünf zusätzliche Plättchen werden mit der Innenseite nach oben auf Trägertellern befestigt. Für die Betrachtung im Rasterelektronenmikroskop ist das Bedampfen der Proben mit Gold erforderlich. Es steht ein Cambridge Stereoscan 150 MK 2 Rasterelektronenmikroskop (REM) zur Verfügung. Eine an diesem Mikroskop angeschlossene Practica-Spiegelreflexkamera übernimmt die photographische Dokumentation.

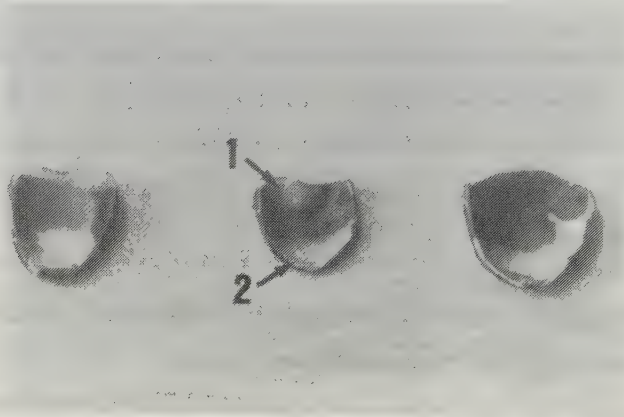


Abb. 19 Innenseiten der abgesprengten Plättchen

1 = Estic-microfill flow (Fa. KULZER)

2 = Glas-Ionomer-Zement (Fa. FUJI)

3.2.3. Ergebnisse der klinischen Untersuchungen und ihre statistische Auswertung

3.2.3.1. Anfangsbefund

3.2.3.1.1. Die Feststellung des Plaque-Index

Die habituellen Plaque-Indizes der untersuchten Zähne vor dem Aufkleben der Plättchen sind der Tabelle 4a (S. 72) zu entnehmen. Für jeden Zahn wird aus drei Befundwerten ein Mittelwert gebildet. Diese wiederum sind die Grundlage für die Berechnung der durchschnittlichen Indizes der Grundgesamtheit n = 20. Der Plaque-Index liegt beim Eckzahn im Mittel etwas niedriger als beim ersten Prämolaren, bei diesem etwas niedriger als beim zweiten Prämolaren.

3.2.3.1.2. Die Messung der Plaque mittels standardisierter Photographie

Die anhand von Photographien gemessene Plaqueansammlung erreicht eine Ausdehnung von 0.4 bis 0.5 mm. Abgesehen von drei Fällen läßt hieraus ein gutes Mundhygieneverhalten der Probanden ablesen.

3.2.3.1.3. Die Feststellung des Gingiva-Index

Der durchschnittliche Gingiva-Index erreicht 0.16 bis 0.47 (vgl. Tab. 4a). Nur bei drei Probanden zeigen sich deutlichere Entzündungsmerkmale, die sich jedoch nicht bei den Versuchszähnen manifestieren.

Der kontralaterale erste Prämolar erreicht mit 0.47 den höchsten Index.

3.2.3.1.4. Die periometrische Messung der SFFR

Dem leicht erhöhten Gingiva-Index des kontralateralen Prämolaren entspricht eine leicht erhöhte SFFR von 13.8 μA bei einer Standardabweichung von s = 5.6 μA. Die durchschnittlichen SFFR-Werte der übrigen untersuchten Zähne liegen im Normalbereich und sprechen für eine klinisch gesunde Gingiva.

		PI	Pl.gem.[mm]	GI	SFFR[μA]
2. Prämolar	$\bar{x}$	1.26	0.50	0.16	11.70
	s	0.50	0.40	0.20	4.10
1. Prämolar (beklebt)	$\bar{x}$	1.10	0.40	0.20	9.10
	s	0.40	0.20	0.30	5.10
Eckzahn	$\bar{x}$	1.00	0.40	0.30	8.40
	s	0.50	0.30	0.50	6.00
1. Prämolar (kontralateral)	$\bar{x}$	1.10	0.40	0.47	13.80
	s	0.60	0.30	0.50	5.60

Tab. 4a Anfangsbefund. Ergebnisse der klinischen Untersuchungsmethoden.

3.2.3.2. Phase A (gewohnheitsmäßige Mundhygiene nach Aufkleben der Plättchen)

3.2.3.2.1. Die Feststellung des Plaque-Index

In den ersten Tagen nach dem Aufkleben der Plättchen empfinden die Pro-

banden die Überkonturierung als störend. In einem Fall kommt es zu leichten Impressionen in der Wangenschleimhaut. Da die Probanden die Plättchen als Fremdkörper empfinden, neigen sie in den ersten Tagen dazu, die Plättchen mit der Zunge abzutasten. Bei einigen Versuchspersonen ist eine vermehrte Mundhygieneaktivität zu beobachten. Die Plaque-Indizes der Phase A unterschreiten hier sogar das Niveau des Ausgangsbefundes. Nach einigen Tagen verlieren die Probanden das Fremdkörpergefühl.

Bei den meisten ist eine Zunahme der Plaque im Approximalraum des Versuchszahnes festzustellen, während die Bukkalfläche aufgrund der retentionsarmen, glasierten Keramik keine Plaque aufweist. Lediglich an der Grenze zwischen Keramik und Metall, auf der Kuppe der marginalen Gingiva, sind Plaqueauflagerungen zu finden.

In vier Sitzungen wird bei allen Probanden für jeden einzelnen Zahn ein mittlerer Wert berechnet, der nun die Bestimmung des Mittelwertes der Grundgesamtheit n = 20 erlaubt. Die durchschnittlichen Plaque-Indizes des zweiten Prämolaren und des kontralateralen ersten Prämolaren verändern sich gegenüber dem Anfangsbefund kaum, während sie sich beim Eckzahn und Versuchszahn leicht erhöhen (vgl. Tab. 4b S. 74).

3.2.3.2.2. Die Messung der Plaque mittels standardisierter Photographie

Die geringe Erhöhung der Plaque-Indizes vom Ausgangsbefund zur Phase A bestätigt sich bei der Vermessung mittels photographischer Dokumentation. Die Mittelwerte liegen jetzt bei 0.5 bis 0.6 mm (vgl. Tab. 4b)

3.2.3.2.3. Die Feststellung des Gingiva-Index

Obwohl die Probanden angeben, auf der Versuchsseite mit der gleichen Kraft zu putzen wie auf der anderen Seite, zeigen sich in drei Fällen im Gingivabereich des Versuchszahnes Mikroverletzungen in Form von Blutpünktchen, sei es als Ausdruck unbewußt verstärkter Putzaktivität, sei es durch eine veränderte Bürsttechnik im Bereich der Überkonturierung. Der Gingiva-Index verdoppelt sich daher von 0.2 während des Anfangsbefundes auf 0.45 in der Phase A. Der Gingiva-Index der übrigen Zähne verhält sich dagegen konstant (vgl. Tab. 4b).

3.2.3.2.4. Die periometrische Messung der SFFR

Die durchschnittlichen SFFR-Werte von Eckzahn, zweitem Prämolaren und kontralateralem ersten Prämolaren bleiben konstant. Die Überkonturierung der ersten Prämolaren dagegen führt bis auf einen einzigen Fall zu

		PI	Pl.gem. [mm]	GI	SFFR [µA]
2. Prämolar	$\bar{x}$	1.30	0.60	0.20	11.60
	s	0.50	0.50	0.30	3.90
1. Prämolar (beklebt)	$\bar{x}$	1.30	0.60	0.45	16.50
	s	0.30	0.20	0.40	5.10
Eckzahn	$\bar{x}$	1.20	0.60	0.30	8.60
	s	0.40	0.50	0.50	6.40
1. Prämolar (kontralateral)	$\bar{x}$	1.20	0.50	0.45	13.70
	s	0.40	0.40	0.60	5.10

Tab. 4b Phase A (gewohnheitsmäßige Mundhygiene nach Aufkleben der Plättchen). Ergebnisse der klinischen Untersuchungsmethoden.

einem sprunghaften Anstieg der durchschnittlichen SFFR von 9.1 μA (s = 5.1 μA) auf 16.5 μA (s = 5.1 μA) (vgl. Tab. 4b). Somit kann von einer mit großer Wahrscheinlichkeit eingetretenen Reizwirkung der Plättchen gesprochen werden.

3.2.3.3. Phase B (ohne Mundhygiene)

3.2.3.3.1. Die Feststellung des Plaque-Index

In der Phase B soll jede Mundhygiene unterbleiben. Es zeigt sich jedoch, daß zwei Probanden trotz eindringlicher Anweisung weiterhin Mundhygiene betreiben. Bei den übrigen Probanden tritt foetor ex ore auf. Die durchschnittlichen Plaque-Indizes steigen hier auf 2 bzw. 2.2 an (vgl. Tab. 4c).

3.2.3.3.2. Die Messung der Plaque mittels standardisierter Photographie

Die Ergebnisse der subjektiven Plaquebewertung mittels Plaque-Index bestätigen sich beim Ausmessen der Plaque anhand der Photographien (vgl. Tab. 4c S. 76). Hier steigen die Werte bis zu 1.6 mm an. Die subjektiven Meßwerte des Plaque-Index sind jedoch diesen objektiven Meßwerten gegenüber weniger genau. So entspricht der Plaque-Index nach SILNESS und LÖE einem Bereich von 1.2 bis 1.5 mm.

3.2.3.3.3. Die Feststellung des Gingiva-Index

Der durchschnittliche Gingiva-Index der untersuchten Zähne weist keine Veränderungen gegenüber der Phase A auf. Dies zeigt, daß nach zwei Tagen unterlassener Mundhygiene klinisch noch keine Entzündungsmerkmale am marginalen Parodont festzustellen sind.

3.2.3.3.4. Die periometrische Messung der SFFR

Es kommt zu einem steilen Anstieg der SFFR aller untersuchten Zähne, ohne daß klinisch sichtbare Veränderungen auftreten. Hierbei ist die Zunahme beim Versuchszahn von 16.5 μA (s = 5.1 A) auf 27.8 μA (s = 6.1 μA) am höchsten (vgl. Tab. 4c). Mit großer Wahrscheinlichkeit geht die Plaquezunahme mit einer Irritation der marginalen Gingiva einher.

		PI	Pl.gem. [mm]	GI	SFFR [μA]
2. Prämolar	$\bar{x}$	2.20	1.60	0.20	19.80
	s	0.80	0.90	0.40	6.70
1. Prämolar (beklebt)	$\bar{x}$	2.00	1.30	0.40	27.80
	s	0.60	0.70	0.50	6.10
Eckzahn	$\bar{x}$	2.00	1.50	0.37	19.00
	s	0.70	0.90	0.60	7.00
1. Prämolar (kontralateral)	$\bar{x}$	2.00	1.20	0.50	20.00
	s	0.80	0.70	0.60	5.00

Tab. 4c Phase B (ohne Mundhygiene). Ergebnisse der klinischen Untersuchungsmethoden.

3.2.3.4. Phase C (nach Instruktion zu optimaler Mundhygiene)

3.2.3.4.1. Die Feststellung des Plaque-Index

Der Mittelwert des Plaque-Index wird aus vier Einzelmessungen berechnet. Der Einfluß einer optimal betriebenen Mundhygiene ist an der Reduktion der Plaque-Indizes sogar unter das Niveau des Ausgangsbefundes zu erkennen (vgl. Tab. 4d S. 78)

3.2.3.4.2. Die Messung der Plaque mittels standardisierter Photographie

Das Ausmessen der Plaque anhand von Photographien bestätigt die subjektive Bewertung durch den Plaque-Index (vgl. Tab. 4d). Die Plaquewerte der Versuchszähne sinken in der Phase C sogar unter die des Ausgangsbefundes. Bei allen Probanden haben sich die Plaquewerte in der Phase C gegenüber der Phase B erniedrigt. Die Instruktion und Motivation der Probanden zeigt also Erfolg.

In Abb. 20 bis 24 (im Bildanhang) ist die photographische Dokumentation eines Probanden während der gesamten Versuchsdauer exemplarisch wiedergegeben.

3.2.3.4.3. Die Feststellung des Gingiva-Index

Die Gingiva-Indizes der überkonturierten Prämolaren verhalten sich in

der Phase C gegenüber der Phase B wie 0.3 zu 0.4 bei Standardabweichungen von 0.3 zu 0.5 (vgl. Tab. 4d). Bei einer so kleinen Differenz muß mit einer subjektiven Fehleinschätzung gerechnet werden, zumal sich bei zwölf Probanden der Gingiva-Index vom Anfangsbefund bis zur Phase C überhaupt nicht veränderte.

3.2.3.4.4. Die periometrische Messung der SFFR

Die durchschnittlichen SFFR-Werte verringern sich in der Phase C gegenüber der Phase B, jedoch liegen sie noch höher als in der Phase A (vgl. Tab. 4d).

		PI	Pl.gem. [mm]	GI	SFFR [μA]
2. Prämolar	$\bar{x}$	0.97	0.30	0.14	13.00
	s	0.30	0.28	0.39	4.90
1. Prämolar (beklebt)	$\bar{x}$	0.90	0.27	0.30	19.50
	s	0.30	0.20	0.30	6.40
Eckzahn	$\bar{x}$	0.90	0.30	0.40	10.40
	s	0.30	0.20	0.60	7.60
1. Prämolar (kontralateral)	$\bar{x}$	0.90	0.30	0.40	15.50
	s	0.20	0.20	0.50	3.70

Tab. 4d Phase C (nach Instruktion zu optimaler Mundhygiene). Ergebnisse der klinischen Untersuchungsmethoden.

Es zeigt sich, daß die Gingiva auf die Plättchen innerhalb von wenigen Tagen durch Erhöhung der Sulcusflüssigkeit reagiert. Die Wiederherstellung des Ausgangszustandes ist demgegenüber ein weitaus langsamerer Prozeß, der selbst bei optimaler Mundhygiene längere Zeit benötigt. In Tabelle 4 (im Anhang) sind die Ergebnisse der klinischen Untersuchungsmethoden während der unterschiedlichen Phasen zusammengefaßt. Als Reaktion auf die Plaquebelastung weisen die Nachbarzähne und der kontralaterale Prämolar ebenfalls in der Phase C gegenüber ihrer habituellen Fließrate erhöhte Werte auf.

3.2.3.5. Vergleich der Untersuchungsergebnisse der linken mit der rechten Seite

Mit Hilfe eines statistischen Tests, dem Vorzeichentest, lassen sich etwaige Unterschiede zwischen Versuchsaufbauten der rechten bzw. linken Seite aufdecken. Der Vorzeichentest wertet nur die Vorzeichen von Differenzen zwischen Beobachtungswerten. Treten Null-Differenzen auf, so bleiben diese unberücksichtigt.

Dem Vorzeichentest liegt der Gedanke zugrunde, daß etwa die Hälfte der Differenzen kleiner als Null ist, also ein negatives Vorzeichen hat und die andere Hälfte größer als Null ist, also ein positives Vorzeichen aufweist. Die Nullhypothese wird abgelehnt, wenn die Grenzwerte der Tabelle nach MACKINNON (SACHS (113)) überschritten sind.

Bei einseitiger Fragestellung auf dem 2.5 % Niveau werden jeweils zehn Mittelwerte von jedem untersuchten Zahn auf eine Zunahme bzw. Abnahme von Untersuchungsphase zu Untersuchungsphase überprüft. Dies geschieht sowohl auf der linken als auch auf der rechten Seite. Die Anzahl der gefundenen Differenzen auf der linken Seite wird mit der auf der rechten Seite verglichen. Für $n = 10$ liegt der Grenzwert der Tabelle bei 8. Oberhalb dieser Schranke gilt die Zunahme bzw. Abnahme eines Mittelwertes als statistisch gesichert.

Der Vorzeichentest wird für den Plaque-Index, die mittels Photographie gemessenen Plaquewerte, den Gingiva-Index und die SFFR durchgeführt (vgl. Tab 5 bis 8 im Anhang).

Die Auswertung des Vorzeichentests ergibt für den Plaque-Index im Rechts - Linksvergleich keine signifikanten Unterschiede (vgl. Tab. 9 im Anhang).
Vom Befund bis zur Phase A weist keiner der untersuchten Zähne der linken bzw. rechten Seite eine signifikante Erhöhung der Plaque auf. Von der Phase A bis zur Phase B überschreitet die linke Versuchsseite die Schranke 8, während die rechte Seite sie gerade erreicht. Da die Differenz nur ein Pluszeichen beträgt, kann noch nicht von einem wesentlichen Unterschied zwischen rechtem und linkem Versuchsaufbau gesprochen werden.

Für die errechneten Plaque-Werte mittels standardisierter Photographie ergeben sich auch keine besonderen Unterschiede. Vom Anfangsbefund bis zur Phase A zeigen die linken Versuchszähne zwar mit neun Pluszeichen eine signifikante Erhöhung der Plaque gegenüber den rechten Versuchszähnen, die mit sieben Pluszeichen unter dem Grenzwert bleiben. Jedoch darf aus einer Differenz von zwei Pluszeichen noch keine Schlußfolgerung gezogen werden.

Auch der Rechts - Linksvergleich der SFFR deckt keine Unterschiede auf.

Für den Gingiva-Index wird der Vorzeichentest analog angewendet. Es gelten H_o = keine Veränderung und H_1 = jede Veränderung, die ungleich Null ist.
Beim Überschreiten der Schranke 8 wird die Nullhypothese auf dem 2.5 %-Signifikanzniveau abgelehnt.
Es zeigt sich, daß in keinem Fall die Schranke überschritten wird. An keinem der untersuchten Zähne kann eine signifikante Zu- bzw. Abnahme

der Gingiva-Indizes beobachtet werden. Weder auf der rechten noch auf der linken Seite hat sich der Gingiva-Index im Verlaufe der Untersuchung signifikant verändert.

Der numerische Vergleich der arithmetischen Mittel beim Recht - Links-vergleich der überkonturierten Prämolaren soll näheren Aufschluß bringen (vgl. Tab. 10 im Anhang). Die graphische Darstellung der gefundenen Werte in Form von Säulendiagrammen erleichtert die Auswertung (vgl. Abb. 26 bis 29 im Anhang).
Beim Plaque-Index zeigen die linken Versuchszähne eine geringe Erhöhung der durchschnittlichen Werte. Die Differenzen sind jedoch gering. Bei einem Verhältnis der rechten Seite zur linken Seite von 1.8 : 2.18 (s = 0.7 : 0.59) in der Phase B mag man allenfalls von einer Tendenz zu höheren Plaquewerten auf der linken Seite sprechen (vgl. Abb. 26 im Anhang). Die Ursache dieser Differenz könnte auch in Beurteilungsfehlern liegen.

Geringe, nicht aussagekräftige Unterschiede finden sich auch bei den gemessenen Plaquewerten (vgl. Abb. 27 im Anhang).

Beim Gingiva-Index zeigen sich auf der rechten Seite bereits leicht erhöhte Ausgangswerte (vgl. Tab. 10 im Anhang). Während der Durchführung der Versuche ist jedoch auf beiden Seiten ein etwa gleiches relatives Ansteigen bzw. Abfallen zu beobachten (vgl. Abb. 28 im Anhang).

Die durchschnittliche SFFR scheint auf der linken Seite in der Phase B

etwas höher, in der Phase C sogar etwas niedriger als auf der rechten Seite zu sein (vgl. Abb 29 im Anhang). Da bei der periometrischen Messung mit einer Fehlerquote von $\pm$ 1.5 μA gerechnet werden muß, ist auch hier der Unterschied zwischen der Rechten und der linken Seite nicht signifikant.

Weder mit dem Vorzeichentest noch mit einem numerischen Vergleich der arithmetischen Mittel kann ein Unterschied zwischen rechtem und linkem Versuchsaufbau festgestellt werden.

3.2.3.6. Vergleich der verschiedenen klinischen Untersuchungsmethoden

3.2.3.6.1. Vergleich des Plaque-Index mit den gemessen Plaque-Werten

Es werden 80 Plaque-Indizes 80 gemessenen Plaque-Werten gegenübergestellt. Die Korrelationsanalyse soll den Grad und die Art der Abhängigkeit zwischen diesen beiden Parametern ermitteln. Der funktionale Zusammenhang wird durch den Korrelationskoeffizienten r ausgedrückt. Es soll damit geklärt werden, welchen Aussagewert die subjektive Methode der Plaque-Beurteilung gegenüber dem objektiven Verfahren der Plaque-Vermessung besitzt.

Bei dem einseitigen Test auf positive Korrelation ergibt sich auf einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0.001$ und $n = 80$ der tabellierte Wert von $r_t = 0.341$.
Es gilt die Nullhypothese $H_0 : r = 0$ und die Gegenhypothese $H_1 : r \neq 0$.
Um die Nullhypothese ablehnen zu können, sei vereinbart, daß $r > 0.341$ sein muß.

Die Stichprobenkorrelationen zwischen dem Plaque-Index und den gemessenen Plaque-Werten nähern sich in allen Phasen 1 und unterscheiden sich somit hochsignifikant von dem tabellierten Korrelationskoeffizienten (vgl. Tab. 11 S. 86).

Anhand von Scatterdiagrammen werden die einzelnen Beobachtungspaare zu-

nächst graphisch dargestellt, um die lineare Regression bestimmen zu können. Die lineare Regression orientiert sich an dem Bestimmtheitsmaß R^2, als Maß für die Güte der linearen Anpassung. Je mehr sich R^2 gegen 1 nähert, um so deutlicher wird der lineare Zusammenhang zwischen den beiden Methoden.

Aus einem Vergleich der Tab. 11 (S. 86) und der graphischen Darstellung der linearen Regression in Abb. 30 (im Anhang) ist ersichtlich, daß zwischen dem Plaque-Index und dem Vermessen der Plaque eine direkte Beziehung besteht.

3.2.3.6.2. Vergleich des Gingiva-Index mit der SFFR

Beim Vergleich des Gingiva-Index mit der SFFR unterscheidet sich der Korrelationskoeffizient während des Befundes und in der Phase B hochsignifikant von $r_t = 0.341$. Während der Phase A liegt der Korrelationskoeffizient mit $r = 0.13$ unter dem tabellierten Wert, in der Phase C liegt eine signifikante Korrelation vor.

Bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 0.1 % überschreiten drei von vier Korrelationskoeffizienten den tabellierten Wert. Gingiva-Index und SFFR weisen eine signifikante Korrelation auf, was auch Abb. 31 (im Anhang) verdeutlicht.

Untersuchungsmethoden	Befund		Phase A	Phase B	Phase C
	n	r	r	r	r
Pl.gem. [mm] / PI	80	0,750	0,860	0,900	0,837
GI / SFFR [µA]	80	0,600	0,130	0,490	0,370
PI / SFFR [µA]	80	0,564	0,449	0,390	0,300
Pl.gem. [mm] / SFFR [µA]	80	0,335	0,420	0,370	0,321
Pl.gem. [mm] / GI	80	0,493	0,573	0,240	0,375
PI / GI	80	0,647	0,580	0,250	0,381

Tab. 11 Korrelationskoeffizienten (r) der klinischen Untersuchungsmethoden (0,1 % Fehlerwahrscheinlichkeit)

3.2.3.6.3. Vergleich des Plaque-Index mit der SFFR

Mit Ausnahme der Phase C ist die Korrelation zwischen Plaque-Index und SFFR signifikant (vgl. Abb. 32 im Anhang). Der Anstieg des Plaque-Index bewirkt mit großer Wahrscheinlichkeit eine Erhöhung der SFFR.

3.2.3.6.4. Vergleich der gemessenen Plaquewerte mit der SFFR

Beim Vergleich der gemessenen Plaquewerte mit der SFFR kann in den Phasen A und B mit $r = 0.42$ bzw. $r = 0.37$ von einer signifikanten Korrelation gesprochen werden (vgl. Tab. 11). Beim Ausgangsbefund und in der Phase C besteht kein linearer Zusammenhang zwischen den beiden Parametern. Steigen die Plaquewerte an, so kann mit großer Wahrscheinlichkeit auch mit einer gleichzeitigen Erhöhung der SFFR gerechnet werden (vgl. Abb. 33 im Anhang).

3.2.3.6.5. Vergleich der gemessenen Plaquewerte mit dem Gingiva-Index

Die Korrelationskoeffizienten zwischen den gemessenen Plaquewerten und dem Gingiva-Index liegen mit einem Verhältnis 3 : 1 oberhalb der Schranke $r_t = 0.341$ (vgl. Tab. 11). Die Plaquewerte stehen in einem linearen Zusammenhang mit dem Gingiva-Index (vgl. Abb. 34 im Anhang).

3.2.3.6.6. Vergleich des Plaque-Index mit dem Gingiva-Index

Beim Anfangsbefund, in der Phase A und in der Phase C besteht zwischen dem Plaque-Index und dem Gingiva-Index ein statistisch signifikanter Zusammenhang (vgl. Abb. 35 im Anhang). In der Phase B dagegen ist kein funktionaler Zusammenhang erkennbar. Plaque- und Gingiva-Index sind bei einem Verhältnis von 3 : 1 signifikant korreliert (vgl. Tab. 11 S. 86).

3.2.3.7. Untersuchungen der abgenommenen Plättchen mit dem Rasterelektronenmikroskop

Fünf Plättchen aus Degudent U werden nach dem Abnehmen von den Zähnen der Versuchspersonen in Hartgips eingebettet und mit einem Rasterelektronenmikroskop untersucht. Es soll geklärt werden, ob die in dieser Arbeit vorgestellte Methode zur Prüfung der parodontalen Reaktion auf überkonturierte bukkale Kronenaußenflächen beim Abnehmen der Plättchen keine bleibenden Schäden an der Schmelzoberfläche hinterläßt.

Das Befestigungsmaterial weist eine mittlere Schichtstärke von 152.6 μm bei einer Standardabweichung s = 26.7 μm auf (vgl. Tab. 12 im Anhang). An jeder Probe werden drei Messungen durchgeführt und aus den gefundenen Werten kann die mittlere Schichtstärke jeder einzelnen Probe berechnet werden. Die so ermittelten Werte dienen als Grundlage für das arithmetische Mittel aller fünf Proben.

Abb. 36 (im Bildanhang) zeigt einen Querschnitt der vermessenen Probe Nr. 4 bei einer Vergrößerung von 210 : 1. Ganz außen ist beiderseits

der Hartgips,, in den die Probe eingebettet wurde, zu erkennen. Auf der linken Bildhälfte stellt sich die Degudent U-Schicht als ein schmales helles Band das. Die an das Metall grenzende dunkle Schicht ist das Befestigungsmaterial (Estic-microfill flow).

Die Kunststoffschicht weist zahlreiche Porositäten auf, die beim Anmischen der beiden Komponenten als Lufteinschlüsse entstanden sein könnten. Deutlich zu sehen sind die vom Metall ausgehenden Zapfen. Die Vorbehandlung des Metalles mit Aluminiumoxid hat durch eine Aufrauhung und damit Vergrößerung der Oberfläche zu einem optimalen Verbund mit dem Befestigungsmaterial Estic-microfill flow geführt, welches wegen seiner guten Fließeigenschaften in die entstandenen Retentionsräume vordringen konnte. Dies erklärt auch, warum der Verband zwischen Metall und Kunststoff größer ist als zwischen Kunststoff und vorhandener Schmelzoberfläche.

Eine rasterelektronenmikroskopische Untersuchung der Plättchen, die auf Trägertellern mit ihrer konkaven Innenseite nach oben befestigt sind, soll die Frage beantworten, ob Teile der angeätzten Schmelzoberfläche beim Entfernen der Plättchen mit abgerissen wurden. Trotz systematischen Absuchens der Proben können im Befestigungsmaterial keine Schmelzpartikel identifiziert werden.

Abb. 37 und 38 (im Bildanhang) liefern bei einer Vergrößerung von 3700 : 1 plastische Bilder der Kunststoffoberfläche. Sie geben das Negativ der geätzten Schmelzoberfläche wider. Je nach Einwirkdauer des Ätzmittels (Esticid) und dem Mineralisationsgrad des Schmelzes unterscheidet man zwei Ätzmuster:

1. Nur der Kern der Schmelzprisman wird sichtbar, wenn die Prismenränder weggeätzt sind (vgl. Abb. 37 im Bildanhang). Die Prismen erscheinen wie "gerahmt".

2. Ist der Prismenkern weggeätzt, entsteht eine mit Mulden oder Kratern übersäte Oberfläche (LENZ (72)).

Mit Hilfe der EDAX-Analyse (energiedispersive Analyse durch X-ray) lassen sich qualitative und quantitative Punktanalysen der Kunststoffoberfläche durchführen. Ein gebündelter Elektronenstrahl, der über die zu untersuchende Probenoberfläche bewegt wird, regt die Atome im Analysengebiet zur Emission von charakteristischen Spektrallinien an. Mit einem Halbleiterdetektor kann aus der Lage der Spektrallinien die Ordnungszahl des Elements in der Probe, aus der Intensität der Linien seine Konzentration bestimmt werden (SCHATT (119); SCHUHMANN (123)).

Bei der Mehrzahl der Punktanalysen kann kein Kalzium nachgewiesen werden. In der Probe 2 finden sich die Elemente Aluminium, Silizium, Gold, Kalium und Kalzium (vgl. Abb. 39 im Anhang). Da Estic-microfill flow selbst kein Kalzium enthält, rührt der bei der EDAX-Analyse gefundene geringe Kalziumanteil vermutlich aus der Schmelzoberfläche des Zahnes her.

4. DISKUSSION

Die parodontale Reaktion auf überkonturierte bukkale Zahnflächen oberer Prämolaren wird unter Anwendung verschiedener klinischer Methoden untersucht und photographisch dokumentiert. Der Versuchsaufbau schließt materialabhängige Fehlerquellen weitgehend aus.

4.1. Die Beurteilung der parodontalen Reaktion anhand von Indizes

Während der Phase A, die vier Untersuchungstage umfaßt, führt die Überkonturierung des ersten oberen Prämolaren zu einer leichten Plaquevermehrung im Approximalraum und entlang des bukkalen Gingivalsaumes. Dieses Ergebnis könnte im Einklang mit tierexperimentellen und klinischen Beobachtungen anderer Autoren stehen (KOIVUMAA et al. (62); PARKINSON (105); PEREL (106); SACKETT et al. (114)).

In der Phase B, in welcher die Probanden jegliche Mundhygienemaßnahmen unterlassen, kommt es bereits nach 48 Stunden zu einer starken Erhöhung der Plaque-Indizes. Die graphische Darstellung der mittleren Plaque-Indizes (vgl. Abb. 40 S. 92) und gemessenen Plaquewerte (vgl. Abb. 41 S. 92) am überkonturierten Prämolaren dokumentiert dies.
Abbildung 42 (S. 93) zeigt exemplarisch die Plaquevermehrung bei einem Probanden. Zwei Probanden täuschen nur vor, keine Mundhygiene betrieben zu haben. Das Ausmessen der Plaque mittels standardisierter Photographie beweist, daß die Zahnpflege von ihnen unvermindert weiterbetrieben wurde.

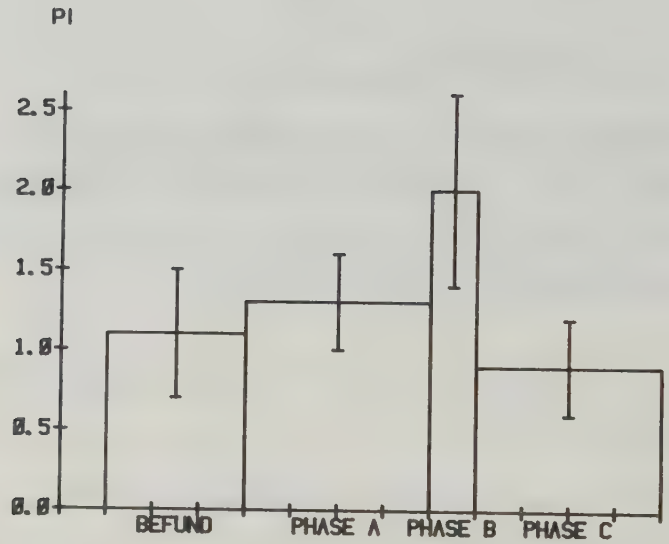


Abb. 40 Mittlerer Plaque-Index (PI) der überkonturierten Prämolaren im Verlauf der Untersuchungsphasen

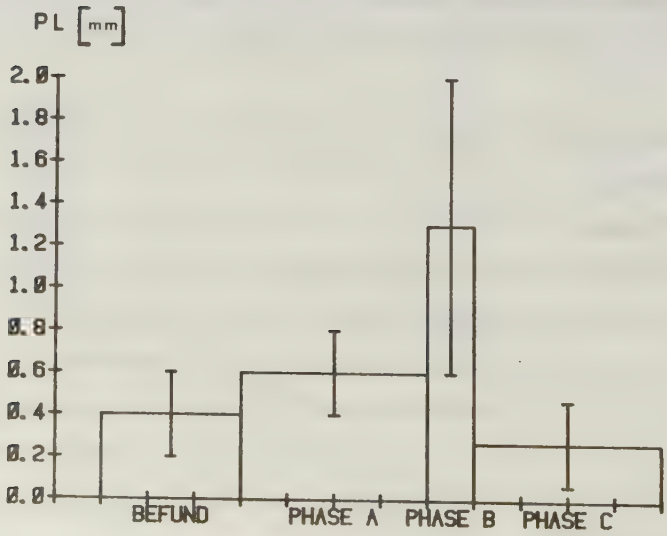


Abb. 41 Mittlere gemessene Plaquewerte der überkonturierten Prämolaren im Verlauf der Untersuchungsphasen

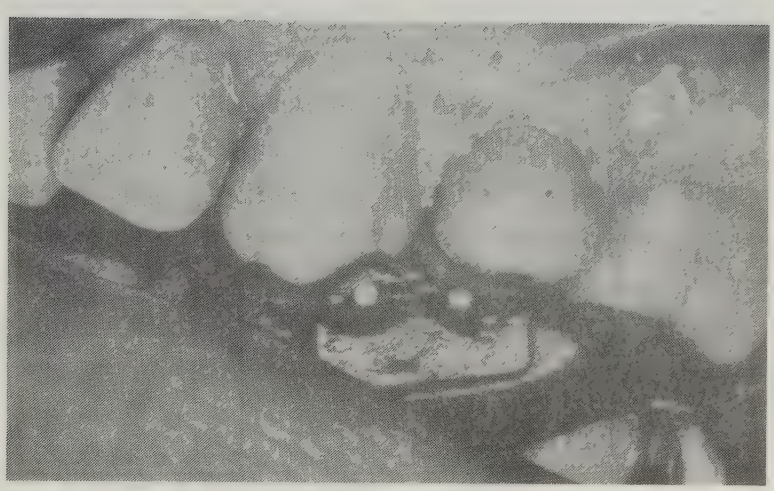


Abb. 42 Plaquevermehrung in der Phase B (ohne Mundhygiene)

Mit dem Gingiva-Index lassen sich im Verlauf der vier Untersuchungsphasen geringe klinische Veränderungen am schlechtesten nachweisen. Er erscheint daher für den vorliegenden Versuchsaufbau am unempfindlichsten. Besonders im unteren Bewertungsbereich dieser subjektiven Untersuchungsmethode ist die Abgrenzung zwischen klinisch noch gesunder einerseits und leicht entzündeter Gingiva andererseits schwierig.
Abbildung 43 (S. 94) stellt die Mittelwerte des Gingiva-Index für die gesamte Dauer der Untersuchung graphisch dar. Da die Standardabweichung im negativen Bereich liegt, wird auf ihre Widergabe verzichtet.

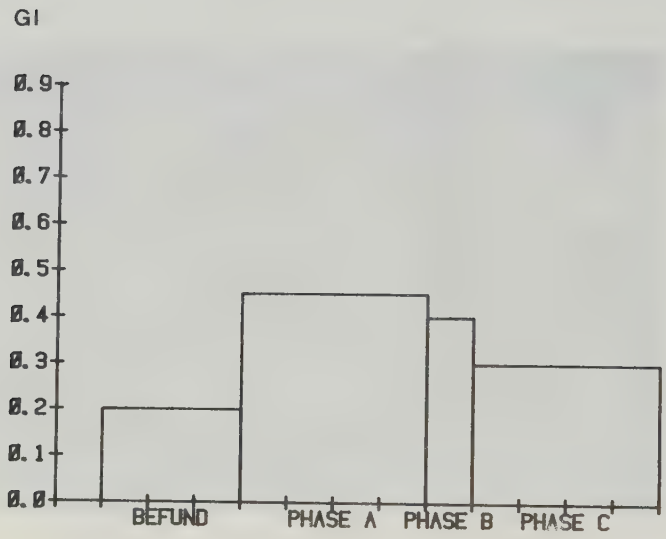


Abb. 43 Mittlerer Gingiva-Index (GI) der überkonturierten Prämolaren im Verlauf der Untersuchungsphasen

Als hilfreich erweist sich der Nachweis der Plaquezunahme und des Gingivazustandes mit Hilfe der standardisierten Photographie. Die Projektion von Diapositiven nacheinander bei einer Vergrößerung von 25 : 1 ermöglicht es, selbst kleinste klinische Veränderungen im Gingivabereich durch Vermessen der Plaque aufzudecken. So konnte auch bei einem Probanden eine Gingivarezession am oberen ersten Prämolaren nachgewiesen werden.

Abb. 44 a (im Bildanhang) zeigt den Verlauf der marginalen Gingiva am Tage der Befundaufnahme. Die Durchzeichnung verdeutlicht dies. Es ist ein kleiner keilförmiger Putzdefekt am Marginalsaum des oberen ersten Prämo-

laren zu erkennen. Mit Hilfe einer Geraden, die die Zahnachsen der Nachbarzähne im rechten Winkel miteinander verbindet, kann die Lage des Zahnfleischrandes genau festgelegt werden. Nach Abnahme des Plättchens ist eine bei klinischer Betrachtung kaum merkliche Gingivarezession eingetreten (vgl. 45 a und 45 b im Bildanhang).

Abb. 46 a und 46 b (im Bildanhang) stellt die Situation nach Ablauf von vier Monaten dar. Man sieht, daß der Marginalsaum durch eine Reparaturleistung des Gewebes seine ursprüngliche Lage beinahe wieder eingenommen hat. Sollte diese Gingivarezession, die mit den üblichen klinischen Methoden kaum zu registrieren ist, kein Zufallsprodukt sein, kommt als Ursache hierfür eine mechanische Irritation der Gingiva durch eine falsche Bürsttechnik oder eine Änderung der Mikrozirkulation im Bereich der durch Überkonturierung aufgedehnten Gingiva in Betracht.

Das Vorhandensein des keilförmigen Defekts spricht zwar für eine falsche, horizontale Bürsttechnik. Die Reparaturleistung der Gingiva deutet jedoch eher auf die kurzfristige Überkonturierung der bukkalen Zahnfläche und des dadurch veränderten Gewebsturgors als Ursache für die Rezession hin.

Als empfindlichste Registriermethode während der Versuchsphasen erweist sich die SFFR. Abbildung 47 (S. 96) zeigt graphisch den Verlauf der SFFR vom Anfangsbefund bis zur Phase C. Bei allen Probanden bewirkt die Überkonturierung der bukkalen Außenfläche ein Ansteigen der SFFR in der Phase A. Die Zunahme der Plaque scheint aber nicht der alleinige Grund

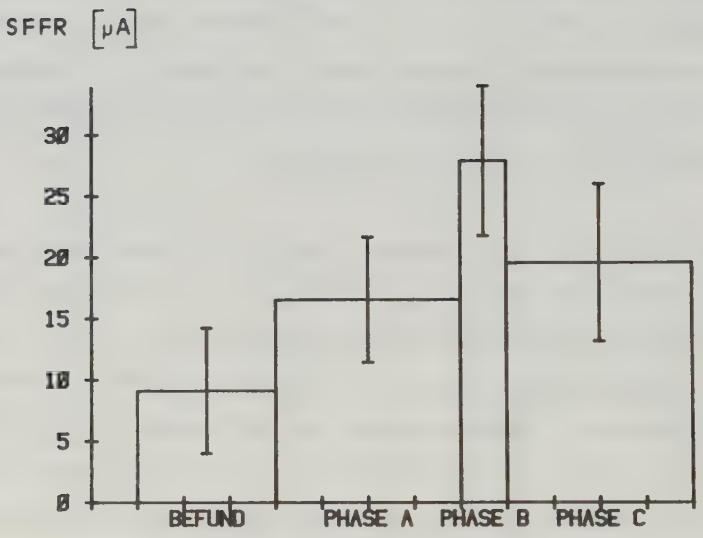


Abb. 47 Mittlere Sulcus-Fluid-Flow-Rate (SFFR) der überkonturierten Prämolaren im Verlauf der Untersuchungsphasen

für den SFFR-Anstieg zu sein. Auch die mechanische Irritation der Gingiva führt gewiß schon zu entsprechenden Reaktionen des Gewebes. Durch den Druck der Zahnbürste wird die Gingiva an den Plättchenrand gepreßt. Das Aufdehnen der Gingiva verändert die Mikrozirkulation im Sinne einer Mangeldurchblutung. Ferner fördert die Überkonturierung durch Änderung der Belüftungsverhältnisse wohl auch das Wachstum von anaeroben Mikroorganismen.

In der Phase B führt die Plaquevermehrung zu einer entsprechenden Zunahme der SFFR. Ein Vergleich mit der kontralateralen Seite (vgl. Tab. 4 im Anhang) macht den Einfluß der Überkonturierung auf die SFFR bei vernachlässigter Mundhygiene besonders deutlich. Während die beklebten Prämolaren eine Erhöhung der SFFR von 9.10 auf 27.80 μA (von Anfangsbefund bis zur Phase B) aufweisen, läßt sich bei den kontralateralen Prämolaren nur eine Zunahme der SFFR von 13.80 auf 20.00 μA feststellen.

Es wäre noch die Frage zu diskutieren, ob ein Zeitraum von 48 Stunden für die Phase B ausreichte, um eine Reaktion der Gingiva auf mangelnde Mundhygiene hervorzurufen.

LÖE et al. (82) konnten erst nach zehn Tagen eine Gingivitis allein durch Vernachlässigung der Mundhygiene beobachten. In der vorliegenden Untersuchung stellt die Vernachlässigung der Mundhygiene neben der mechanischen Irritation einen zusätzlichen, verstärkenden Faktor dar.

Nach GOLUB et al. (38) hingegen genügen bereits zwölf Stunden, um eine meßbare Reaktion der SFFR nach Einstellung der Mundhygiene zu beobachten.

In der Phase C fällt auf, daß trotz optimaler Mundhygiene die SFFR-Werte nicht wieder auf das Niveau der Phase A gesenkt werden können, obgleich die gemessene Plaqueansammlung sogar geringer ist als beim Anfangsbefund. Hierzu läßt sich folgendes bemerken:

1. Schon alleine die Überkonturierung bedeutet einen Reiz für die Gingiva, der zu einer Zunahme der SFFR-Werte führt.

2. Möglicherweise werden die SFFR-Werte unter Beibehaltung der guten Mundhygiene zu einem späteren Zeitpunkt auf das Niveau der Phase A gesenkt.

Wie HERLANDS et al. (48) schon beobachten, kann dies Ausdruck dafür sein, daß die Rückgewinnung der gingivalen Integrität ein weitaus langsamerer Prozeß ist, als die Reaktion der Gingiva auf einen Reiz. Die gingivale Reaktion auf die Zunahme der Plaque ist schneller und überschießender als die gingivale Reaktion auf die Abnahme der Plaqueansammlung. Die Schädigung gingivaler Strukturen vollzieht sich schneller als die regenerierenden Prozesse.

4.2. Vergleich der Untersuchungsmethoden mit denen anderer Autoren

Der Vergleich der verschiedenen klinischen Untersuchungsmethoden weist in der vorliegenden Arbeit in allen Fällen statistisch signifikante bzw. hochsignifikante Korrelationen auf. Auch der Plaque-Index ist im Vergleich zur objektiven Plaque-Erfassung mittels standardisierter Photographie aussagekräftig. Der Plaque-Index nach SILNESS und LÖE (125) ist aufgrund der kleinen und überschaubaren Zahl seiner Beurteilungskriterien relativ genau und einfach zu handhaben. Die hochsignifikanten Korrelationen zwischen dem Plaque-Index und den gemessenen Plaque-Werten machen dies deutlich.

Demgegenüber stellt der Gingiva-Index höhere Anforderungen an den Untersucher. Die Bewertung von Farbe, Schwellung, Blutung und Stippelungsgrad erfordert ein hohes Maß an Erfahrung, wobei auch der Zeitpunkt der Untersuchung für die Streuung der Beurteilungen eine Rolle spielt (WILDHIRT (148)).

Die hohe Empfindlichkeit der SFFR bringt es mit sich, daß sie von vielen Faktoren beeinflußt werden kann und somit nur eine relative Aussagekraft hat. Hormonelle Schwankungen (LINDHE et al. (77)), mechanische Irritation der Gingiva durch eine zu kraftvolle Putztechnik (BRILL (7)) oder durch Mikroverletzungen infolge harter Nahrung erhöhen die SFFR und sollten daher von vornherein berücksichtigt werden.

Im Gegensatz zu anderen Untersuchungen (LANGE et al. (70); WACHTEL (139))

kann die Eignung der periometrischen SFFR-Messung für die zahnärztliche Praxis nur einschränkend bejaht werden. Die einmalige Registrierung eines SFFR-Wertes hat noch keinen Aussagewert. Erst die Langzeitregistrierung der SFFR ermöglicht eine verwertbare Aussage über den Parodontalzustand des Patienten.

Die Ergebnisse von OLIVER et al. (102) zeigen, daß das Gingiva-Index-System bei sorgfältiger Anwendung eng mit der Zunahme der Gingiva-Exsudation korreliert. Die in der vorliegenden Untersuchung ermittelten Korrelationen zwischen dem Gingiva-Index und der SFFR sind annähernd vergleichbar mit den Ergebnissen von HANCOCK et al. (45), die bei einem Signifikanzniveau von 0.01 % r = 0.398 ermitteln.

MANN (83) berichtet über einen Korrelationskoeffizienten zwischen GI und SFFR von r = 0.585, TSUCHIDA et al. (133) ermitteln r = 0.65. WACHTEL (139) berechnet Korrelationen, die zwischen r = 0.694 und r = 0.875 bei 1 % Irrtumswahrscheinlichkeit liegen. Die genannten Ergebnisse und die durchgeführte Untersuchung bestätigen, daß die Sulcusflüssigkeit mit dem zunehmenden Entzündungsgrad der Gingiva eng korreliert.

4.3. Die Überkonturierung als Ursache für Plaquevermehrung

Hinsichtlich der in der Literatur vertretenen kontroversen Theorien über die Konturierung von Zahnaußenflächen scheint der durchgeführte Versuchsaufbau die Theorie der Plaqueretention zu bestätigen. Mit der Gestaltung von überdimensionierten konvexen Zahnaußenflächen nimmt die Plaqueansammlung zu. Dies sollte aber nicht dazu verleiten, auf jegliche Vorwölbung im zervikalen Drittel der Zahnkronen zu verzichten, wenn sie ursprünglich

vorhanden war. Ein solcher Eingriff in das funktionelle Zusammenspiel von Zahnform, Muskulatur und gingivalem Gewebe könnte die Lebensdauer des Zahnes verkürzen. Letztlich nützt die differentierteste Kronengestaltung aber nichts, wenn die Mundhygiene zu wünschen übrig läßt.

Es ist erstaunlich, wie schnell die Probanden das durch die Überkonturierung provozierte Fremdkörpergefühl verlieren. Das jugendliche Alter der Probanden und eine hohe Anpassungsfähigkeit mag der Grund dafür sein. Während die bewußte Sensibilität der Probanden nachläßt, vermag das Parodont offenbar eine Überkonturierung von 2 mm nicht ertragen. PEREL (106), der Hundezähne 2 mm überkonturiert hat, kommt zu demselben Ergebnis.

Nach EHRLICH et al. (21) kann das Parodont eine Überkonturierung von 1 mm noch tolerieren, ohne daß klinische Veränderungen auftreten. Da EHRLICH et al. jedoch nicht die SFFR getestet haben, kann ihre Untersuchung mit der vorliegenden nicht verglichen werden.

Ein Grund dafür, daß das Parodont scheinbar die Überkonturierung von Kronenaußenflächen toleriert, mag sein, daß mit normalen klinischen Untersuchungsmethoden wie dem Gingiva-oder Plaque-Index eine Reaktion klinisch nicht nachweisbar ist. Mit der empfindlichen Methode der Sulcus-Hygrometrie ist sie jedoch meßbar.

4.4. Die parodontale Resistenz

Nach vierwöchiger Tragedauer der Plättchen können in den meisten Fällen kei-

ne klinisch sichtbaren Entzündungszeichen an der Gingiva beobachtet werden. Lediglich sechs Probanden zeigen eine geringe Zunahme des Gingiva-Index.

Demgegenüber treten deutliche Unterschiede in der parodontalen Reaktion beim Messen der periometrischen SFFR auf. Aus Tab. 13 (im Anhang) ist die prozentuale Zunahme der SFFR am Versuchszahn von der Befundnahme zur Phase A bzw. von der Phase A zur Phase B ersichtlich. Ordnet man die Probanden nach ansteigenden habituellen SFFR-Werten, so wird deutlich, daß die stärksten prozentualen Zunahmen bei den unteren habituellen SFFR-Werten auftreten. Nach dem Ankleben der Plättchen steigen die Werte bei einer habituellen SFFR von höchstens 10 μA auf das Doppelte bis Vierfache an. Bei neun Probanden erhöht sich die Fließrate um mindestens 100 %, drei Probanden steigern die Fließrate um 50 % bis 100 %, sechs Probanden um 25 % bis 50 % und nur zwei Probanden weisen eine Zunahme unter 25 % auf.

Bei höheren habituellen SFFR-Werten ist die Zunahme deutlich geringer. Beim Auftragen der habituellen SFFR-Werte gegen die prozentuale Zunahme vom Anfangsbefund zur Phase A fällt auf, daß die Anordnung dieser Punkte an eine Hyperbel, eine Funktion dritten Grades, erinnert (vgl. Abb. 48 S. 102).

In der Phase B zeigen die Probanden, bei denen sich die SFFR bereits in der Phase A über 100 % erhöht hatte, wieder eine stärkere Reaktion (vgl. Tab. 13 im Anhang). Die durchschnittliche Zunahme der SFFR von Phase A zu Phase B ist jedoch geringer als vom Befund zur Phase A. Die graphische Darstellung ergibt daher eine Kurve, die die X-Achse in einem Punkt schneidet (vgl. Abb. 49 S. 102).

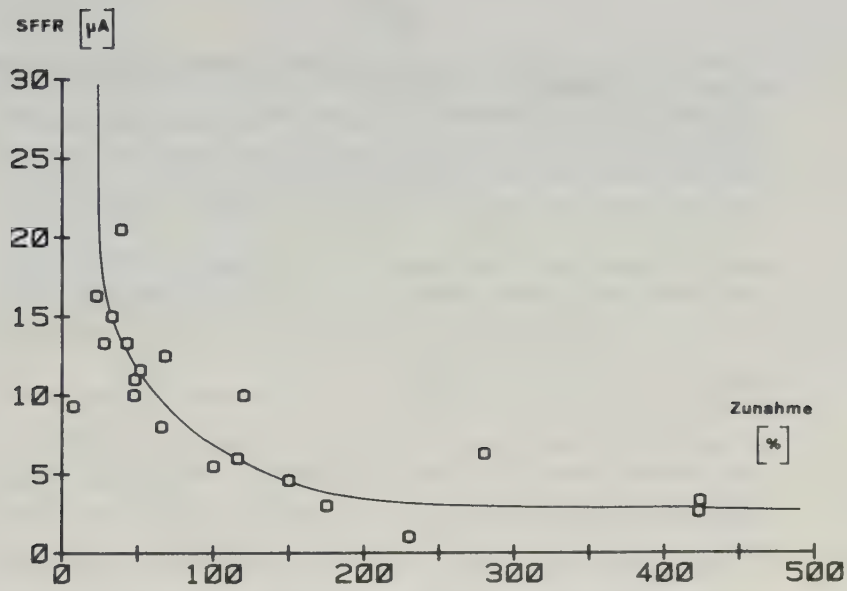


Abb. 48 Prozentuale Zunahme der Sulcus-Fluid-Flow-Rate (SFFR) bei den überkonturierten Prämolaren vom Anfangsbefund bis zur Phase A

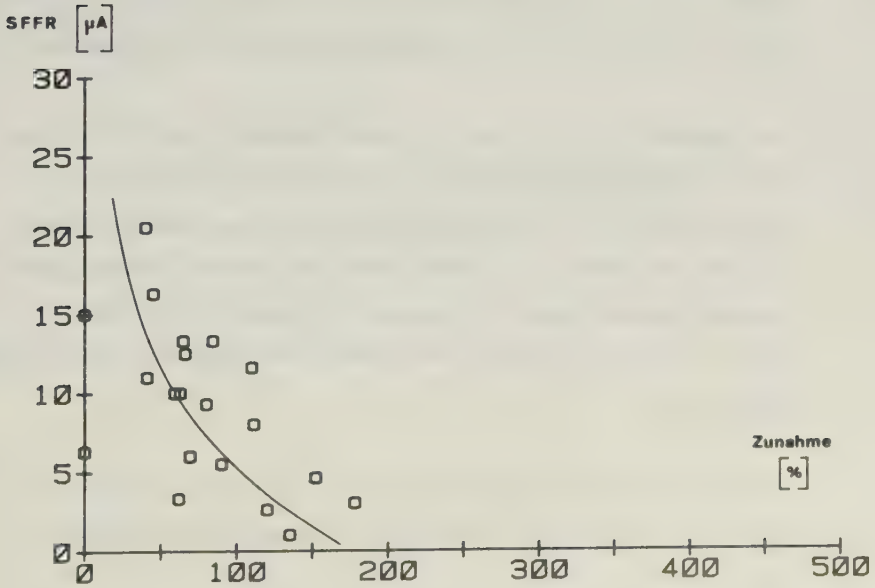


Abb. 49 Prozentuale Zunahme der Sulcus-Fluid-Flow-Rate (SFFR) bei den überkonturierten Prämolaren von der Phase A zur Phase B

Es stellt sich die Frage, warum einige der Probanden eine derartig überschießende Reaktion aufweisen. Geht man davon aus, daß der von den Plättchen ausgehende Reiz bei allen Probanden gleich stark ist, so kann dieser Unterschied nur durch konstitutionelle Faktoren begründet sein.

Man könnte zwar zunächst geneigt sein, die heftige Reaktion der Probanden, die eine habituell niedrige SFFR aufweisen, als ein Zeichen parodontaler Insuffizienz zu deuten.

Wie bereits dargelegt, ist die SFFR-Zunahme eng verbunden mit der durch entzündliche Prozesse hervorgerufenen Permeabilitätssteigerung der gingivalen Blutgefäße. Sieht man jedoch in der Entzündung eine Abwehrmaßnahme des Organismus gegen einen schädigenden Reiz, so kann die überschießende Erhöhung der SFFR-Werte als eine gesteigerte Abwehr gedeutet werden. Da die Sulcusflüssigkeit Antikörper enthält (BRILL (7)), fließen mit der erhöhten SFFR auch vermehrt Abwehrzellen dem Sulcus zu.

Nach HANCOCK et al. (45) ist die Sulcusflüssigkeit lediglich einer der vielen klinischen Indizes für das Vorliegen einer Gingivitis und die Sulcusflüssigkeit allein erlaubt noch keine Aussage über den Schweregrad der Entzündung. Die starke Zunahme der SFFR bei Probanden, die eine klinisch gesunde Gingiva mit geringer habitueller Sulcusexsudation aufweisen, ist als eine erhöhte Abwehrbereitschaft gegenüber exogenen Noxen aufzufassen.

Bei einer habituell höheren SFFR liegt die prozentuale Zunahme dagegen niedriger. Da hier bereits chronische Prozesse vorliegen, muß die Ab-

wehrbereitschaft geschädigt bzw. die Reaktionsfähigkeit des Parodonts auf eine Noxe vermindert worden sein. Ein klinisch gesundes Parodont könnte daher durch eine besonders starke Reaktionsfähigkeit der gingivalen Gefäße auf exogene Reize charakterisiert werden, wobei die Wahrscheinlichkeit steigt, durch zufließende Antikörper einen schädigenden Prozeß unter Kontrolle zu halten.

Unter Beachtung dieser Deutungsmöglichkeit sollte die Beurteilung der parodontalen Resistenz mittels periometrischer Messung nicht ohne Vorbehalt erfolgen.

5. ZUSAMMENFASSUNG

Um die parodontale Reaktion auf eine vestibuläre Überkonturierung von Zahnkronen zu untersuchen, wird ein sechswöchiger klinischer Versuch an 20 männlichen Probanden durchgeführt. Die Überkonturierung erfolgt durch Bekleben der bukkalen Fläche kariesfreier, nicht überkronter oberer Prämolaren mit keramisch verblendeten Plättchen aus Degudent U. In einem Zeitraum von sechs Wochen werden insgesamt 2400 Messungen an den Versuchszähnen und 6480 Messungen an Nachbar- und Kontrollzähnen durchgeführt sowie 480 Diapositive nach einer standardisierten Methode angefertigt. Unter wechselnden Mundhygienebedingungen kommen folgende klinische Untersuchungsmethoden zur Anwendung: Plaque-Index nach SILNESS und LÖE (1964), Vermessen der Plaque auf standardisierten Photographien, Gingiva-Index nach LÖE und SILNESS (1963) modifiziert nach LÖE (1967) und Bestimmung der Sulcus-Fluid-Flow-Rate (SFFR) mit dem Periotron. Dabei kommt es zu folgenden Ergebnissen:

1. Die Überkonturierung von bukkalen Zahnaußenflächen führt zu einer Zunahme der Plaqueansammlung im Approximalraum und entlang des bukkalen Marginalsaumes.
2. Der Gingiva-Index verändert sich kaum im Verlauf der Untersuchung. Er erweist sich als die unempfindlichste Methode für den vorliegenden Versuchsaufbau.
3. Mit Überkonturierung der bukkalen Fläche oberer erster Prämolaren steigt die Sulcus-Fluid-Flow-Rate (SFFR) bis um das vierfache der habituellen Werte an. Schlechte Mundhygiene verstärkt die Zunahme, optimale Mundhygiene führt dagegen

zu einer Abnahme der SFFR, jedoch innerhalb des Versuchszeitraumes nicht auf das Niveau des Anfangsbefundes.

4. Es sind keine Unterschiede in der parodontalen Reaktion zwischen Versuchsaufbauten, die sich auf der rechten bzw. linken Seite befinden, festzustellen.

5. Die verschiedenen klinischen Untersuchungsmethoden sind miteinander statistisch signifikant bzw. hochsignifikant korreliert. So besteht z.B. ein linearer Zusammenhang zwischen dem Plaque-Index und den gemessenen Plaquewerten, dem Gingiva-Index und der SFFR, dem Plaque-Index und der SFFR sowie dem Plaque- und Gingiva-Index.

6. Anhand der photographischen Dokumentation kann bei einem Probanden eine deutliche Gingivarezession nachgewiesen werden.

7. In bezug auf die periometrische SFFR-Messung ist der Begriff "parodontale Gesundheit" als eine besonders starke Reaktionsfähigkeit der gingivalen Gefäße auf exogene Reize zu deuten. Bei oberen Prämolaren, die eine gewohnheitsmäßig niedrige SFFR aufweisen, erhöht sich die Fließrate nach Ankleben der Plättchen bis um 424 %. Bei einer bereits gewohnheitsmäßig erhöhten SFFR liegt ihre prozentuale Zunahme unter 50 % .

7. SCHRIFTTUM

1. APP, G.:

Effect of silicate, amalgam and cast gold on the gingiva.
J. prosth. Dent. 11, 522 (1961)

2. ARMITAGE, G.C.; SVANBERG, G.K.; LÖE, H.:

Microscopic evaluation of clinical measurements of connective tissue attachment levels.
J. clin. Periodont. 4, 173 (1977)

3. ASH, M.M.; GITLIN, B.N.; SMITH, W.A.:

Correlation between plaque and gingivitis.
J. Periodont. 35, 424 (1964)

4. BERGHAGEN, N.; BERGSTRÖM, I.; TORLEGÅRD, K.:

Changes in volume of the gingival tissue. A stereogrammetric study.
Acta odont. scand. 26, 369 (1968)

5. BERGMANN, B.; HUGOSON, A.; OLSSON, C.-O.:

Periodontal and prosthetic conditions in patients treated with removable partial dentures and artificial crowns.
Acta odont. scand. 29, 621 (1971)

6. BERNHARDT, M.:

Der Einfluß der Konfektionskrone auf das marginale Parodontium.
Med. Diss. FU Berlin, 1983

7. BRILL, N.:

Influence of capillary permeability on flow of tissue fluid into gingival pockets.
Acta odont. scand. 17, 23 (1959)

8. BRILL, N.:

Effect of chewing on flow of tissue fluid into human gingival pockets.
Acta odont. scand. 17, 277 (1959)

9. BRILL, N.:

The gingival pocket fluid.
Acta odont. scand. 20, suppl. 32 (1962)

10. BRILL, N.; BJÖRN, H.:

Passage of tissue fluid into human gingival pockets.
Acta odont. scand. 17, 11 (1959)

11. BRILL, N.; BRÖNNESTAM, R.:

Immuno-electrophoretic study of tissue fluid from gingival pockets.
Acta odont. scand. 18, 95 (1960)

12. BRILL, N.; KRASSE, B.:

The passage of tissue fluid into the clinically healthy gingival pocket.
Acta odont. scand. 16, 233 (1958)

13. BÜTTNER, W.:

Die Versiegelung.
Zahnärztl. Mitt. 20, 1274 (1979)

14. BURCH, J.G.:

Periodontal considerations in operative dentistry.
J. prosth. Dent. 34, 156 (1975)

15. BURCH, J.G.; MILLER, J.B.:

Evaluating crown contours of a wax pattern.
J. prosth. Dent. 30, 454 (1973)

16. CIMASONI, G.:

Crevicular fluid updated.
Monographs in oral science
S. Karger Verlag, Basel, New York, 1983

17. DIEDRICH, P.; SCHWARZE, C. W.:

Probleme der Säureätztechnik bei der Schienung mit Komposit-Interdentalbrücken und der Bracket-Adhäsivtechnik.
Dtsch. zahnärztl. Z. 35, 690 (1980)

18. EGELBERG, J.:

Cellular elements in gingival pocket fluid.
Acta odont. scand. 21, 283 (1963)

19. EGELBERG, J.:

Gingival exudate measurements for evaluation of inflammatory changes of the gingiva.
Odont. Revy 15, 381 (1964)

20. EGELBERG, J.:

Permeability of the dento-gingival blood vessels.
J. periodont. Res. 1, 180 (1966)

21. EHRLICH, J.; HOCHMANN, N.:

Alterations on crown contour-effect on gingival health in man.
J. prosth. Dent. 44, 523 (1980)

22. EICHNER; K.:

Kunststoff oder Porzellan ?
Dtsch. Zahnärztekal. 26, 76 (1967)

23. EICHNER, K.:

Der Kronenrand und das marginale Parodontium aus klinischer Sicht.
Dtsch. zahnärztl. Z. 24, 741 (1969)

24. EICHNER, K.:

Prothetik und Parodontalprophylaxe.
Dtsch. zahnärztl. Z. 30, 2 (1975)

25. EICHNER, K.:

Metallkeramik in der zahnärztlichen Prothetik.
Carl Hanser Verlag, München, Wien. 1979

26. EICHNER, K.:

Die Überdimensionierung von Zahnersatz.
Sonderdruck aus dem Dtsch. Zahnärztekal.
Carl Hanser Verlag, München, Wien 1985

27. EISSMANN, H.F.; RADKE, R.A.; NOBLE, W.H.:

Physiologic design criteria for fixed dental restorations.
Dent. Clin. N. Amer. 15, 543 (1971)

28. FARER, J.W.; ISAACSON, D.:

Biologic contours.
J. prev. Dent. 1, 4 (1974)

29. FICHTNER, J.:

Über den Einfluß von überstehenden Füllungen auf den alveolären Knochen im parodontal geschädigten Gebiß.
Dtsch. Zahnärztebl. 18, 759 (1964)

30. FRÖHLICH, E.:

Veränderungen im Gefüge des Zahnfleisch-bindegewebes bei den entzündlich marginalen Zahnbetterkrankungen.
Dtsch. zahnärztl. Z. 7, 477 (1952)

31. FRÖHLICH, E.:

Zahnfleischrand und künstliche Krone in pathologisch-anatomischer Sicht.
Dtsch. zahnärztl. Z. 22, 1252 (1967)

32. FORSSLUND, G.:

Die Struktur und Funktion des subepithelialen Kapillarsystems des Zahnfleisches.
Dtsch. zahnärztl. Z. 19, 753 (1964)

33. FUHR, K.; KARES, K.; SIEBERT, G.:

Nachuntersuchungen festsitzenden Ersatzes. (Zur Auswertung systematischer Befunderhebung)
Dtsch. zahnärztl. Z., 26, 716 (1971)

34. GAEDECKE, U.:

Untersuchungen zum Problem der Anätzung von Schmelzoberflächen in der Versiegelungstherapie.
Med. Diss. FU Berlin, 1978

35. GALANDI, M.E.:

Experimentelle und klinische Untersuchungen zur Allergenität von in der Zahnheilkunde verwendeten unedlen Metallverbindungen.
Med. Diss. FU Berlin, 1983

36. GERMANN, M.:

Eine einfache Methode zur Quasi-Standardisierung der Parodontalphotographie.
Parodontologie Nr. 1, Separatdruck 1971

37. GITT, H.-A.; HLUBNA-DAUM, E.; ZENNIG, S.:

Vergleichende Untersuchungen zur Reißfestigkeit von Gewebeklebern des Butylzyanoakrylattyps.
Dtsch. Stomat. 27, 395 (1977)

38. GOLUB, L.M.; BORDEN, S.M.; KLEINBERG, I.:

Urea content of gingival crevicular fluid and its relation to periodontal disease in humans.
J. periodont. Res. 6, 243 (1971)

39. GOLUB, L.M.; KLEINBERG, J.:

Gingival crevicular fluid: A new diagnostic aid in managing the periodontal patient.
Oral sci. rev. 8, 49 (1976)

40. GOTTLIEB, B.:

Der Epithelansatz am Zahne.
Dtsch. Mschr. Zahnheilk. 39, 142 (1921)

41. GREER, R.O.:

Studies concerning the histoxicity of isobutyl-2-cyanoacrylate tissue adhesive when employed as an oral hemostat.
Oral Surg. 40, 659 (1975)

42. GREVE, K.:

Histologische Untersuchungen zur Frage der Schädigung des Parodontiums durch Kronenringe.
Dtsch. Mschr. Zahnheilk. 44, 791 (1926)

43. HAAG, D.:

Nachuntersuchungen festsitzenden Frontzahnersatzes unter besonderer Berücksichtigung des Einflusses der Verblendwerkstoffe auf die marginale Gingiva.
Med. Diss. Fu Berlin, 1978

44. HÄUPL, K.:

In: Häupl, K.; MEYER, W:; Schuchard, K.:
Die Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde.
Band IV, Kapitel XI.
Urban und Schwarzenberg, München, Berlin 1956

45. HANCOCK, E.B.; CRAY, R.J.; O'LEARY, T.J.:

The relationship between gingival crevicular fluid and gingival inflammation.
J. Periodont. 50, 13 (1979)

46. HARNDT, E.:

Paradentitis und Paradentose.
Carl Hanser Verlag, München 1950

47. HEISSE; M.:

Klinische Untersuchungen zum Problem der Kariesprophylaxe durch Fissurenversiegelung unter besonderer Berücksichtigung von Effizienz, Liegedauer und Zeitaufwand.
Med. Diss. FU Berlin, 1984

48. HERLANDS, R.E.; LUCCA, J.J.; MORRIS, M.L.:

Forms, contours and extensions of full coverage restorations in occlusal reconstruction.
Dent. Clin. N. Amer. 6, 147 (1962)

49. HÖLL, J.:

Untersuchungen über die Sulcusflüssigkeit menschlicher Gingiva an Zähnen mit orthodontischen Bändern.
Med. Diss Frankfurt am Main, 1978

50. HORN, E.:

Studien über die Einwirkung von Kronenringen auf das marginale Parodontium.
Dtsch. Mschr. Zahnheilk. 48, 1383 (1930)

51. HÜTTNER, G.:

Nachuntersuchungen von Kronen und Brückenzahnersatz - Der Kronenrand und das marginale Parodontium.
Med. Diss FU Berlin, 1970

52. HUSEMANN:

In: Eichner, K.:
Metallkeramik in der zahnärztlichen Prothetik.
Carl Hanser Verlag, München, Wien 1979

53. JACOBY, R.; KETTERL, W.:

Quantitative Messungen des Zahnfleischtaschenexsudates bei normaler und entzündeter Gingiva.
Dtsch. zahnärztl. Z. 27, 485 (1972)

54. JAMESON, L.M.; MALONE, W.F.P.:

Crown contours and gingival response.
J. prosth. Dent. 47, 620 (1982)

55. JANDA:

Persönliche Mitteilungen 1984.

56. JUNG, F.; HUPAUF, L.:

Reaktionsvermögen des Mundhöhlengewebes auf exogene Faktoren mit klinischen Hinweisen und therapeutischen Vorschlägen.
Dtsch. zahnärztl. Z., 16 615 (1961)

57. JUNG, T.; QUAST, U.:

Das Gußgefüge am Kronenrand.
Dtsch. zahnärztl. Z. 26, 785 (1971)

58. KARLSEN, K.:

Gingival reactions to dental restorations.
Acta odont. scand. 28, 895 (1970)

59. KLEINBERG, I. et al.:

United States Patent 3, 753, 099 (1973)

60. KÖNIG, G.:

Statistische Untersuchungen zur Reaktion des Zahnfleischrandes nach Eingliederung von Kronenersatz.
Med. Diss. Tübingen, 1972

61. KÖRBER, E.:

Nachuntersuchungen an Hülsenkronen.
Dtsch. zahnärztl. Z. 27, 519 (1972)

62. KOIVUMAA, K.; WENNSTRÖM, A.:

A histological investigation of the changes in gingival margins adjacent to gold crowns.
Odont. T. 68, 373 (1960)

63. KRAFT, E:

Die Gestaltung des Kronenrandes.
Dtsch. zahnärztl. Z. 24, 750 (1969)

64. KRASSE, B.; EGELBERG, J.:

The relative proportions of sodium, potassium and calcium in gingival pocket fluid.
Acta odont. scand. 20, 143 (1962)

65. KREKELER, G.:

Quantitative Bestimmung der gingivalen Sulcusflüssigkeit mit Hilfe von Mikrokapillaren.
Dtsch. zahnärztl. Z. 30, 544 (1975)

66. KRÖNCKE, A.:

Der Füllungs- und Kronenrand aus parodontologischer Sicht.
Dtsch.zahnärztl. Z. 28, 161 (1973)

67. LANGE, D.E.:

Zellphysiologie und Funktion des menschlichen Gingivaepithels.
Carl Hanser Verlag, München 1972

68. LANGE, D.E.; PLAGMANN, H.-C.; EENBOOM, A.; PROMESBERGER,A.:

Klinische Bewertungsverfahren zur Objektivierung der Mundhygiene.
Dtsch. zahnärztl. Z. 32, 44 (1977)

69. LANGE, D.E.; SCHROEDER, H.E.:

Structural localization of lysosomal enzymes in gingival sulcus cells.
J. dent. Res. 51, 272 (1972)

70. LANGE, D.E.; TOPOLL, H.:

Experimentelle Untersuchungen über den Wert der Sulcus-Fluid-Flow-Rate (SFFR) als diagnostisches Hilfsmittel bei Parodontalerkrankungen unter Verwendung eines halbautomatischen Analysegerätes.
Dtsch. zahnärztl. Z. 34, 353 (1979)

71. LARATO, D.C.:

The effect of crown margin extension on gingival inflammation.
J. S. Calif. dent. Ass. 45, 476 (1969)

72. LENZ, H.:

Persönliche Mitteilungen 1984.

73. LENZ, H.; MÜHLEMANN, H.R.:

In-vivo and in-vitro effects of saliva on etched or mechanically marked enamel after certain periods of time.
Helv. odont. Acta 7, 30 (1963)

74. LEON, A.R.:

The periodontium and restorative procedures.
J. oral Rehab. 4, 105 (1977)

75. LEU, M.:

Praktische Aspekte der Metallkeramik.
Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 78, 1 (1968)

76. LIETZMANN, J.:

Eine Methode zur Quantifizierung lokaler Reize auf das marginale Parodontium.
Med. Diss. Erlangen-Nürnberg, 1973

77. LINDHE, J.; SONESSON, B.:

The effect of sex hormons on inflammation.
J. periodont. Res. 1, 212 (1966)

78. LÖE, H.:

Physiological aspects of the gingival pocket.
Acta odont. scand. 19, 387 (1961)

79. LÖE, H.:

The gingival index, the plaque index and the retention index systems.
J. Periodont. 38, 610 (1967)

80. LÖE, H.; HOLM-PEDERSEN, P.:

Absence and presence of fluid from normal and inflamed gingiva.
Periodontics 3, 171 (1965)

81. LÖE, H.; SILNESS, J.:

Periodontal disease in pregnancy (I).
Acta odont. scand. 21, 533 (1963)

82. LÖE, H.; THEILADE, E.; JENSEN, B.:

Experimental gingivitis in man.
J. Periodont. 36, 177 (1965)

83. MANN, W.V.:

The correlation of gingivitis pocket depth and exudate from the gingival crevice.
J. Periodont. 34, 379 (1963)

84. MARCUM, S.J.:

The effect of crown marginal depth upon gingival tissue.
J. prosth. Dent. 17, 479 (1967)

85. MARXKORS, R.:

Der Kronenersatz.
In: Praxis der Zahnheilkunde, Band III C4
Urban und Schwarzenberg, München, Berlin, Wien 1984

86. MARXKORS, R.; THOMAS, K.D.:

Die VMK/Degudent-Technik.
Dtsch. Zahnärztebl. 19, 175 (1965)

87. MATHIS, H.:

Die sogenannte Parodontose.
Urban und Schwarzenberg, Wien 1948

88. MATHIS, H.; HIELSCHER, W.:

Einführung in die Zahnärztliche Röntgenologie, Band VII
Berlinische Verlagsanstalt, Berlin 1962

89. MEYER, E.:

Technische Gestaltung des Brückenverbandes.
Dent.-Labor 26, 1307 (1978)

90. MEYER, W.:

Pathologie der Zähne und des Gebisses.
In: Die Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, Band I
S. 467
Urban und Schwarzenberg, München, Berlin 1958

91. MEYERS, H.E.; BARAFF, L.S.:

A restorative approach to the periodontally treated mouth.
Dent. Clin. N. Amer. 9, 3 (1965)

92. MIERAU, H.-D.:

Morphometrische Untersuchungen am parodontalen Weichgewebe.
Dtsch. zahnärztl. Z. 28, 232 (1973)

93. MIERAU, H.-D.; MÄRTIRER, F.; ZESEWITZ, H.:

Turgometrische Untersuchungen am parodontalen Weichgewebe.
Dtsch. zahnärztl. Z. 29, 249 (1974)

94. MORRIS, M.L.:

Artificial crown contours and gingival health.
J. prosth. Dent. 12, 1146 (1962)

95. MÜHLEMANN, H.R.:

Das weibliche Parodont unter dem Einfluß geschlechtsspezifischer Hormone.
Stoma 5, 3 (1952)

96. MÜHLEMANN, H.R.:

Patientenmotivation mit individuellem Intensivprogramm für orale Gesundheit.
In: Peters, S.: Prophylaxe, Leitfaden für die zahnärztliche Praxis.
Quintessenz Verlags-GmbH, Berlin 1978

97. MÜHLEMANN, H.R.; LENZ, H.; ROSSINSKY, K.:

Electron microscopic apperance of rehardened enamel.
Helv. odont. Acta 8, 108 (1964)

98. MÜHLEMANN, H.R.; SON, R.:

Gingival sulcus bleeding - a leading sympton in initial gingivitis.
Helv. odont. Acta 15, 107 (1971)

99. MUTSCHELKNAUSS, R.:

Die Klinik der marginalen Parodontopathien und ihre pathohistologischen Grundlagen.
In: Praxis der Zahnheilkunde, Band I A14
Urban und Schwarzenberg, München, Wien, Baltimore,1977

100. NEWCOMB, G.M.:

The relationship between the location of subgingival crown margins and gingival inflammation.
J. Periodont. 45, 151 (1974)

101. NEWESELY, H.:

Zur Noxe durch den Ätzvorgang mit Säuren bei der Schmelzversiegelung.
Dtsch. zahnärztl. Z. 30, 508 (1975)

102. OLIVER, R.C.; HOLM-PEDERSEN, P.; LÖE, H.:

The correlation between clinical scoring, exudate measurements and microscopic evaluation of inflammation in the gingiva.
J. Periodont. 40, 201 (1969)

103. ORBAN, J.E.; STALLARD, R.E.:

Gingival crevicular fluid: A reliable predictor of gingival health ?
J. Periodont. 40, 231 (1969)

104. PAMEIJER, J.H.N.; WESTERMANN, W.:

Erfolgsbeurteilung festsitzenden Zahnersatzes.
Zahnärztl. Welt/Ref. 91, 57 (1982)

105. PARKINSON, C.F.:

Excessive crown contours facilitate endemic plaque niches.
J. prosth. Dent. 35, 424 (1976)

106. PEREL, M.:

Axial crown contours.
J. prosth. Dent. 25, 642 (1971)

107. QUIGLEY, G.R.; HEIN, J.W.:

Comparative cleansing efficiency of manual and power brushing.
J. Amer. Dent. Ass. 65, 26 (1962)

108. RENGGLI, H.H.:

Die Zahnfleischentzündung - ein Modell destruktiver Gewebsvorgänge.
Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 85, 769 (1975)

109. RENGGLI, H.; MÜHLEMANN, H.R.; RATEITSCHAK; K.H.:

Parodontologie.
Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York 1984

110. REUTER, P.; GEISER, G.; KORN, A.; LUKAS, D.; SCHULTE, W.:

Farbmetrische Bestimmung von Entzündungen der Gingiva.
Dtsch. zahnärztl. Z. 37, 916 (1982)

111. RICHTER, A.W.:

Relationship of crown margin placement to gingival inflammation.
J. prosth. Dent. 29, 156 (1971)

112. RÜDIN, H.J.; OVERDIEK, H.F.; RATEITSCHAK, K.H.:

Correlation between sulcus fluid rate and clinical and histological inflammation of the marginal gingiva.
Helv. odont. Acta 14, 21 (1970)

113. SACHS, L.:

Angewandte Statistik.
Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 1978

114. SACKETT, B.; GILDENHUYS, R.:

The effect of axial crown overcontour on adolescents.
J. Periodont. 47, 320 (1976)

115. SAUER, G.:

Das Arbeitsmodell für festeingliederbaren Zahnersatz - Gestaltung und Anforderungen.
Dent. - Labor 25, 1021 (1977)

116. SAUER, G.:

Vergleichende Untersuchung über die Gestaltung und labortechnische Ausführung prothetischer Kronen.
Zahnärztl. Welt/Ref. 87, 1114 (1978)

117. SCHÄRER, P.:

Probleme bei der Überkronung parodontal-chirurgisch behandelter Zähne.
Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 78, 776 (1968)

118. SCHÄRER, P.; RINN, L.; KOPP,F.:

Ästhetische Richtlinien für die rekonstruktive Zahnheilkunde.
Quintessenz Verlags-GmbH, Berlin, Chicago, Tokio 1980

119. SCHATT, W.:

Einführung in die Werkstoffwissenschaft.
VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie,
Leipzig 1981

120. SCHLEGEL, W.:

Parodontale Reaktion als Folge kurzfristiger quantifizierter Reize.
Med. Diss. Erlangen-Nürnberg, 1973

121. SCHRÖDER, H.:

Über die Aufgaben der zahnärztlichen Prothetik und die Versuche zu ihrer Lösung.
Verlag H. Meusser, Berlin 1929

122. SCHROEDER, H.E.; LISTGARTEN, M.A.:

Fine structure of the developing epithelial attachment of human teeth.
In: Monographs in developmental biology, Vol. 2
Karger Verlag, Basel 1977

123. SCHUMANN, H.:

Metallographie.
VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie,
Leipzig 1980

124. SERRES, E.-R.-A.:

Mêmoire sur l'anatomie et la physiologie
des dents ou théorie de la dentition.
Mêm. soc. mêd. d'êmul 8, 113 (1817)

125. SILNESS, J.; LÖE, H.:

Periodontal disease in pregnancy (II)
Acta odont. scand. 22, 121 (1964)

126. SPRANGER, H.:

Indikation und Methodik der Gingivasulkus-
Hygrometrie in der zahnärztlichen Praxis.
Electromedica 4, 143 (1980)

127. STEIN, R.S.; KUWATA, M.:

A dentist and a dental technologist analyze
current ceramo-metal procedures.
Dent. Clin. N. Amer. 21, 729 (1977)

128. SUEDA, T.; CIMASONI, G.:

Collection of gingival fluid for
quantitative analysis.
J. dent. Res. 48, 159 (1969)

129. SUPPIPAT, N.; SUPPIPAT, N.:

Evaluation of an eletronic device for
gingival fluid quantitation.
J. Periodont. 48, 388 (1977)

130. TJAN, A.H.L.; FREED, H.; MILLER, G.D.:

Current controversis in axial contour design.
J. prosth. Dent. 44, 536 (1980)

131. TOPOLL, H.; LANGE, D.E.:

Die Messung der Sulcus-Flüssigkeit als diagnostische Maßnahme bei Parodontalerkrankungen (I).
Quintessenz 31, 89 (1980), Ref. 6080

132. TOPOLL, H.; LANGE, D.E.:

Die Messung der Sulcus-Flüssigkeit als diagnostische Maßnahme bei Parodontalerkrankungen (II).
Quintessenz 31, 99 (1980), Ref. 6080

133. TSUCHIDA, K.; HARA, K.:

Clinical significance of gingival fluid measurement by "Periotron".
J. Periodont. 52, 697 (1981)

134. TYNELIUS-BRATTHALL, G.; ATTSTRÖM, R.:

Acid phospatase, hyaluronidase, and protease in crevices of healthy and chronically inflamed gingiva in dogs.
J. dent. Res. 51, 279 (1972)

135. VALAZZA, A.; MATTER, J.; OGILVIE, A.; CIMASONI, G.:

Fluide gingival, inflammation gingivale, profondeur des poches et perte osseuse.
Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 82, 824 (1972)

136. VELDKAMP, D.F.:

The relationship between tooth-form and gingival health.
Dent. Practit. 14, 158 (1963)

137. VEST, G.:

Lehrbuch der zahnärztlichen Kronen und Brückenprothetik, Band I.
Birkhäuser Verlag, Basel 1951

138. VOGAN, I.W.:

The effect of bucco-lingual crown contours on gingival health.
J. prev. Dent. 3, 30 (1976)

139. WACHTEL, H.:

Sulcus-Fluid-Flow-Rate und Periotron als klinische Testmethoden zur Feststellung parodontaler Insuffizienz.
Med. Diss. Tübingen, 1982

140. WAERHAUG, J.:

The gingival pocket.
Odont. T. 60, 1 (1952) Suppl.

141. WAERHAUG, J.; ZANDER, H.A.:

Reaction of gingival tissues to self-curing acrylic restorations.
J. Amer. dent. Ass. 54, 760 (1957)

142. WAGMAN, S.:

The role of coronal contour in gingival health.
J. prosth. Dent. 37, 280 (1977)

143. WAGNER, E.:

Die theoretischen Grundlagen der Vita-VMK/ Degudent-Technik.
Zahnärztl. Welt/Ref. 66, 343 (1965)

144. WEINBERG, L.A.:

Esthetics and the gingivae in full coverage.
J. prosth. Dent. 10, 737 (1960)

145. WEINSTEIN, E.; MANDEL, I.; SALKIND, A.; OSHRAIN, H.J.; PAPPAS, G.D.:

Studies of gingival fluid.
Periodontics 5, 161 (1967)

146. WESKI, O.:

Röntgenologisch-anatomische Studien aus dem Gebiete der Kieferpathologie.
II. Die chronischen marginalen Entzündungen des Alveolarfortsatzes mit besonderer Berücksichtigung der Alveolar-Pyorrhoe.
Vjschr. Zahnheilk. 37, 3 (1921)

147. WHEELER, R.:

Complete crown form and the periodontium.
J. prosth. Dent. 11, 722 (1961)

148. WILDHIRT, M.; SPRANGER, H.:

Vergleichende Untersuchungen über die Ursachen von Meßfehlern bei der Erhebung von Plaque-Indices.
Dtsch. zahnärztl. Z. 35, 732 (1980)

149. WOLF, J.:

Der gingivadentale Verschlußapparat im Bereich des Schmelzes.
Dtsch. Zahn-, Mund- u. Kieferheilk. 43, 106 und 201 (1964)

150. YUODELIS, R.; WEAVER, J.; SAPKOS,S.:

Facial and lingual contours of artificial complete crown restorations and their effect on the periodontium.
J. prosth. Dent. 29, 61 (1973)

7. ANHANG

7.1. Untersuchungsbogen und Merkzettel

Befunderhebung vor Durchführung der Versuche :

Name : Vorname :

Alter : Rechtshänder : Ja / Nein

Anschrift : Laufende Nummer :

I. Allgemeinzustand :

Diabetes, vasomotorische Erkrankungen, organische Leiden etc.

II. Spezieller Befund :

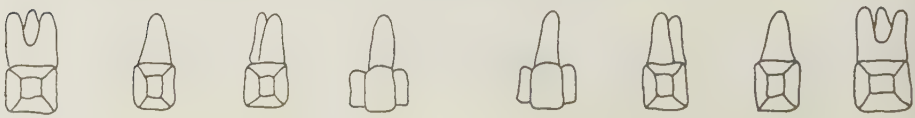
Untersucht werden die oberen Prämolaren und die an den Versuchsaufbau grenzenden Parodontien.

1. Plaque-Index (PI) nach SILNESS und LÖE :

$$\text{Index} = \frac{\text{Summe der Bewertungsgrade}}{\text{Zahl der bewerteten Flächen}} = \frac{\qquad}{\qquad}$$

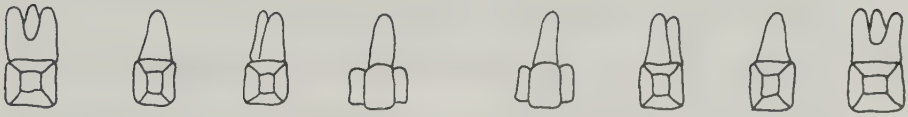
2. Photographie :

3. Gingiva-Index (GI) nach LÖE und SILNESS :



$$\text{Index} = \frac{\text{Summe der Bewertungsgrade}}{\text{Zahl der bewerteten Flächen}} = \frac{\qquad}{\qquad}$$

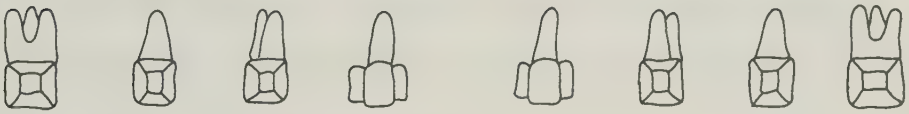
4. Sondiertiefe :



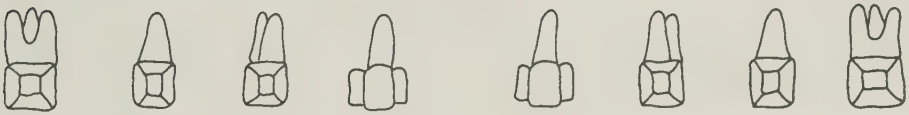
5. Füllungen :

6. Karies :

7. Vitalität :



8. Breite der attached gingiva :



9. Abformung :

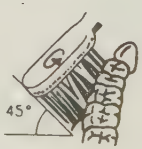
Lieber Proband !

Wir kommen nun in die Phase C des Experiments. Dies bedeutet, daß Sie eine optimale Mundhygiene unter Anwendung einer besonderen Bürsttechnik betreiben sollen.
Benutzen Sie bitte die von mir ausgeteilte Zahnbürste und verzichten Sie während der nun folgenden Zeit auf Ihre eigene Zahnpaste.

Die modifizierte Bass-Technik :

Es handelt sich hierbei um ein zirkuläres Zähnebürsten. Die Bürste wird in einem Winkel von 45 Grad an die bukkale bzw. labiale Fläche der Zähne und den gingivalen Marginalsaum gelegt (in Richtung Zahnfleisch).
Die eine Hälfte der Borsten liegt auf den Zähnen, die andere auf dem Zahnfleisch. Es werden kleine,zirkuläre Bewegungen ausgeführt, wobei sich jedoch die Bürste als Ganzes nicht von der Stelle bewegen sollte.

Viel Erfolg !



7.2. Tabellen und graphische Darstellungen

	Indizes	2. Prämolar			1. Prämolar (Versuchszahn)		Eckzahn		Kontralateraler 1. Prämolar	
		n	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
BEFUND	PI	20	1,26	0,50	1,10	0,40	1,00	0,50	1,10	0,60
	Pl. gem. [mm]	20	0,50	0,40	0,40	0,20	0,40	0,30	0,40	0,30
	GI	20	0,16	0,20	0,20	0,30	0,30	0,50	0,47	0,50
	SFFR [µA]	20	11,70	4,10	9,10	5,10	8,40	6,00	13,80	5,6
PHASE A	PI	20	1,30	0,50	1,30	0,30	1,20	0,40	1,20	0,40
	Pl. gem. [mm]	20	0,60	0,50	0,60	0,20	0,60	0,50	0,50	0,40
	GI	20	0,20	0,30	0,45	0,40	0,30	0,50	0,45	0,60
	SFFR [µA]	20	11,60	3,90	16,50	5,10	8,60	6,40	13,70	5,10
PHASE B	PI	20	2,20	0,80	2,00	0,60	2,00	0,70	2,00	0,80
	Pl. gem. [mm]	20	1,60	0,90	1,30	0,70	1,50	0,90	1,20	0,70
	GI	20	0,20	0,40	0,40	0,50	0,37	0,60	0,50	0,60
	SFFR [µA]	20	19,80	6,70	27,80	6,10	19,00	7,00	20,00	5,00
PHASE C	PI	20	0,97	0,30	0,90	0,30	0,90	0,30	0,90	0,20
	Pl. gem. [mm]	20	0,30	0,28	0,27	0,20	0,30	0,20	0,30	0,20
	GI	20	0,14	0,39	0,30	0,30	0,40	0,60	0,40	0,50
	SFFR [µA]	20	13,00	4,90	19,50	6,40	10,40	7,60	15,50	3,70

Tab. 4 Ergebnisse der klinischen Untersuchungsmethoden

Versuchsaufbau rechts													Versuchsaufbau links											
	Befund/Phase A				Phase A/Phase B				Phase A/Phase C					Befund/Phase A				Phase A/Phase B				Phase B/Phase C			
Zähne	15	14	13	24	15	14	13	24	15	14	13	24	Zähne	14	23	24	25	14	23	24	25	14	23	24	25
Proband Nr.													Proband Nr.												
1	+	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+	4	-	+	+	+	+	-	-	+	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	+	5	+	+	+	-	+	+	+	+	-	-	-	-
3	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	9	+	+	+	-	+	+	+	+	-	-	-	-
6	-	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	11	-	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
7	+	-	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-	12	+	-	+	-	+	+	+	+	-	-	-	-
8	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	13	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
10	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	14	+	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-	-
17	-	-	+	-	+	+	+	+	-	-	-	-	15	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
19	+	+	-	+	+	+	-	+	-	-	-	-	16	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
20	-	+	+	-	+	+	+	+	-	-	-	-	18	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-

Tab. 5 Ergebnisse des Vorzeichentests für den Plaque-Index im Rechts-Linksvergleich

Versuchsaufbau rechts													Versuchsaufbau links											
	Befund/Phase A				Phase A/Phase B				Phase B/Phase C					Befund/Phase A				Phase A/Phase B				Phase B/Phase C		
Zähne	15	14	13	24	15	14	13	24	15	14	13	24	Zähne	14	23	24	25	14	23	24	25	14	23	24	25
Proband Nr.													Proband Nr.											
1	+	+	-	+	-	-	-	+	+	+	+	+	4	+	+	+	+	+	+	-	+	-	-	-	-
2	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	5	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
3	+	-	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-	9	+	-	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-
6	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	11	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
7	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	12	-	+	+	-	+	+	+	+	-	-	-	-
8	+	+	+	-	+	+	+	+	-	-	-	-	13	-	+	+	+	+	-	+	+	-	-	-	-
10	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	14	+	-	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-
17	+	+	+	-	+	+	+	+	-	-	-	-	15	+	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+
19	+	+	+	-	+	+	+	+	-	-	-	-	16	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
20	+	+	+	-	+	+	+	+	-	-	-	-	18	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-

Tab. 6 Ergebnisse des Vorzeichentests für die gemessenen Plaquewerte im Rechts-Linksvergleich

Versuchsaufbau rechts													Versuchsaufbau links											
	Befund/Phase A				Phase A/Phase B				Phase B/Phase C					Befund/Phase A				Phase A/Phase B				Phase B/Phase C			
Zähne	15	14	13	24	15	14	13	24	15	14	13	24	Zähne	14	23	24	25	14	23	24	25	14	23	24	25
Proband Nr.													Proband Nr.												
1	0	-	-	0	-	-	0	0	0	0	0	+	4	0	0	+	+	+	+	0	-	-	0	-	-
2	+	0	0	-	-	+	0	0	0	0	-	0	5	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0
3	0	+	0	0	0	0	+	+	0	-	-	-	9	+	-	+	-	-	-	0	+	+	+	+	-
6	0	+	0	-	0	+	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	-	+	0	0	0	0	0	-	+	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	+	+	+	0	+	+	+	0	-	-	0	0	13	0	0	+	0	+	0	0	+	-	0	-	-
10	0	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	+	14	-	0	0	0	+	0	0	0	-	0	0	0
17	0	+	-	+	0	+	0	+	0	-	+	-	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	-	+	+	0	0	0	-	+	+	-	-
20	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	18	+	-	+	0	0	0	+	0	-	+	-	0

Tab. 7 Ergebnisse des Vorzeichentests für den Gingiva-Index im Rechts-Linksvergleich

Versuchsaufbau rechts													Versuchsaufbau links											
	Befund/Phase A				Phase A/Phase B				Phase B/Phase C					Befund/Phase A				Phase A/Phase B				Phase B/Phase C		
Zähne	15	14	13	24	15	14	13	24	15	14	13	24	Zähne	14	23	24	25	14	23	24	25	14	23	24	25
Proband Nr.													Proband Nr.											
1	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	-	4	-	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+
2	-	+	-	+	+	+	+	+	-	-	+	-	5	-	+	+	-	+	+	+	+	-	-	-	-
3	-	+	-	-	+	-	+	+	-	-	-	+	9	-	+	+	-	+	+	+	+	-	-	-	-
6	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	-	11	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+
7	+	+	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-	12	-	-	+	-	+	+	+	+	-	-	-	-
8	+	+	+	-	+	+	+	+	-	-	-	-	13	-	+	+	-	+	+	+	+	-	-	-	-
10	-	+	-	-	+	-	+	+	-	+	-	-	14	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-
17	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	15	-	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
19	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	16	+	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
20	-	+	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-	18	-	-	+	-	+	+	+	+	-	-	-	-

Tab. 8 Ergebnisse des Vorzeichentests für die Sulcus-Fluid-Flow-Rate im Rechts-Linksvergleich

		2. Prämolar		1. Prämolar (Versuchszahn)		Eckzahn		Kontralateraler 1. Prämolar	
		rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
PI	Befund/Phase A	6 +	6 +	7 +	8 +	7 +	8 +	7 +	7 +
	Phase A/Phase B	8 +	9 +	8 +	9 +	8 +	9 +	9 +	9 +
	Phase B/Phase C	9 -	10 -	9 -	10 -	9 -	10 -	8 -	10 -
Pl gem. [mm]	Befund/Phase A	7 +	8 +	7 +	9 +	7 +	6 +	5 +	7 +
	Phase A/Phase B	9 +	9 +	8 +	8 +	8 +	9 +	9 +	9 +
	Phase B/Phase C	9 -	9 -	9 -	10 -	9 -	10 -	9 -	10 -
GI	Befund/Phase A	2≠0	3≠0	6≠0	5≠0	5≠0	3≠0	6≠0	3≠0
	Phase A/Phase B	4≠0	4≠0	6≠0	2≠0	3≠0	2≠0	3≠0	4≠0
	Phase B/Phase C	2≠0	4≠0	5≠0	5≠0	5≠0	4≠0	4≠0	6≠0
SFFR [µA]	Befund/Phase A	5 +	5 +	10 +	10 +	5 +	7 +	6 +	7 -
	Phase A/Phase B	9 +	10 +	8 +	10 +	10 +	10 +	9 +	10 +
	Phase B/Phase C	9 -	8 -	7 -	10 -	8 -	10 -	9 -	9 -

Tab. 9 Ergebnisse des Vorzeichentests für die verschiedenen klinischen Untersuchungsmethoden im Rechts-Linksvergleich

	Indizes	RECHTS			LINKS		
		Versuchszahn			Versuchszahn		
		n	$\bar{x}$	s	n	$\bar{x}$	s
BEFUND	PI	10	1,20	0,40	10	1,15	0,45
	Pl.gem. [mm]	10	0,46	0,33	10	0,38	0,25
	GI	10	0,33	0,40	10	0,13	0,27
	SFFR [µA]	10	9,11	4,90	10	9,20	5,18
PHASE A	PI	10	1,30	0,60	10	1,37	0,40
	Pl.gem. [mm]	10	0,56	0,32	10	0,63	0,20
	GI	10	0,55	0,41	10	0,34	0,36
	SFFR [µA]	10	16,80	4,40	10	16,45	5,70
PHASE B	PI	10	1,80	0,70	10	2,18	0,59
	Pl.gem. [mm]	10	1,32	1,00	10	1,46	0,78
	GI	10	0,54	0,59	10	0,31	0,42
	SFFR [µA]	10	26,50	6,10	10	29,20	5,80
PHASE C	PI	10	0,83	0,90	10	0,99	0,29
	Pl.gem. [mm]	10	0,27	0,21	10	0,26	0,19
	GI	10	0,37	0,36	10	0,18	0,27
	SFFR [µA]	10	20,27	7,60	10	16,70	7,70

Tab. 10 Ergebnisse der klinischen Untersuchungen am überkonturierten Prämolaren (Versuchszahn) im Rechts- Linksvergleich

Probe Nr.	Schichtstärke in µm
1	157,3
2	123,7
3	125,0
4	196,0
5	161,0
$\bar{x}$	152,6
s	26,7

Tab. 12 Mittlere Schichtstärke des Befestigungsmaterials Estic-microfill flow

Proband Nr.	Befund ⟶ Phase A	Phase A ⟶ Phase B
1	100 %	90 %
2	52 %	110 %
3	280 %	0 %
4	39 %	40 %
5	65 %	111 %
6	423 %	120 %
7	24 %	45 %
8	68 %	66 %
9	424 %	62 %
10	33 %	0 %
11	175 %	178 %
12	47 %	63 %
13	28 %	65 %
14	116 %	69 %
15	43 %	84 %
16	150 %	152 %
17	230 %	135 %
18	120 %	59 %
19	48 %	41 %
20	8 %	80 %

Tab. 13 Zunahme der Sulcus-Fluid-Flow-Rate (SFFR) der überkonturierten Prämolaren in %

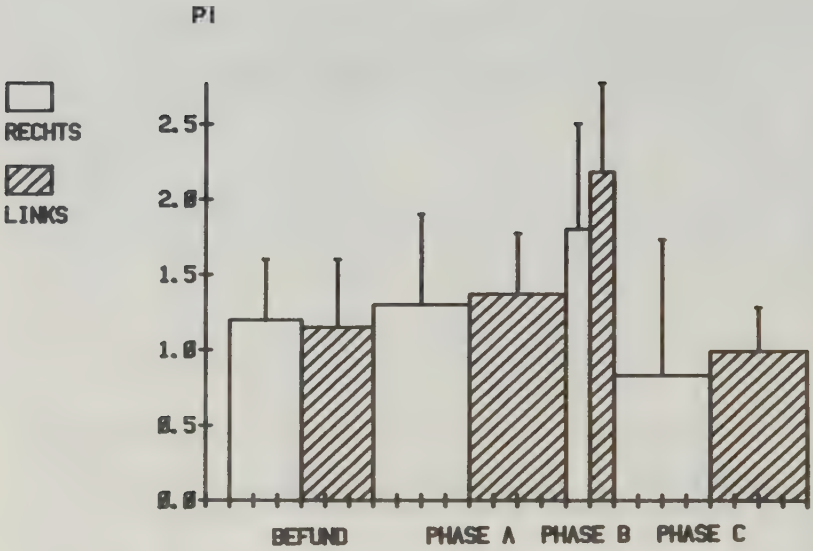


Abb. 26 Mittlerer Plaque-Index (PI) der überkonturierten Prämolaren der rechten bzw. linken Seite

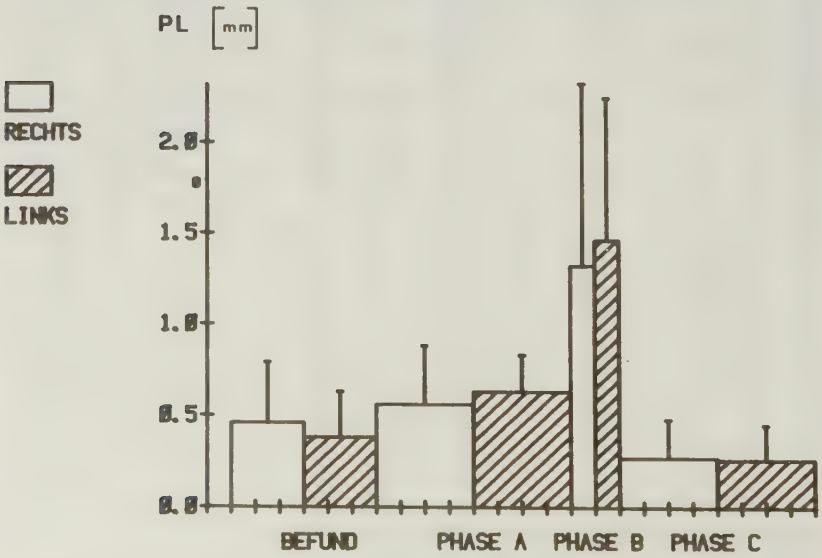


Abb. 27 Mittlere gemessene Plaquewerte der überkonturier-Prämolaren der rechten bzw. linken Seite

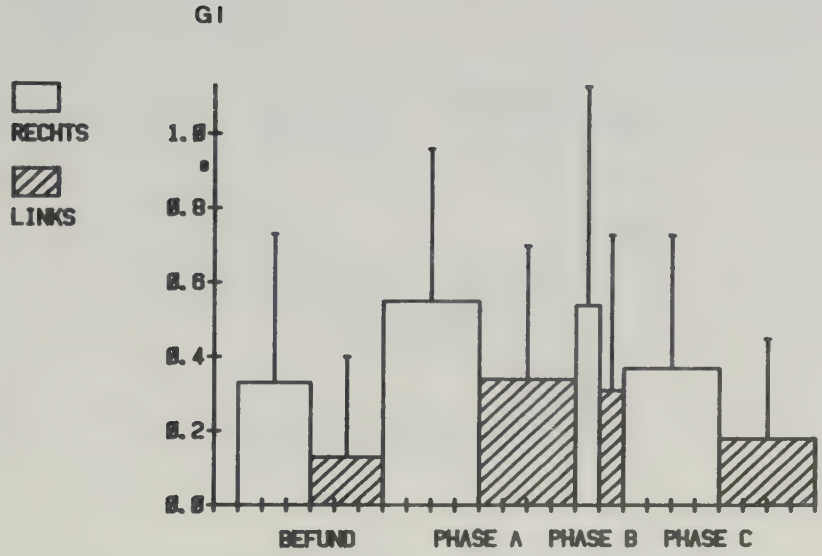


Abb. 28 Mittlerer Gingiva-Index (GI) der überkonturierten Prämolaren der rechten bzw. linken Seite

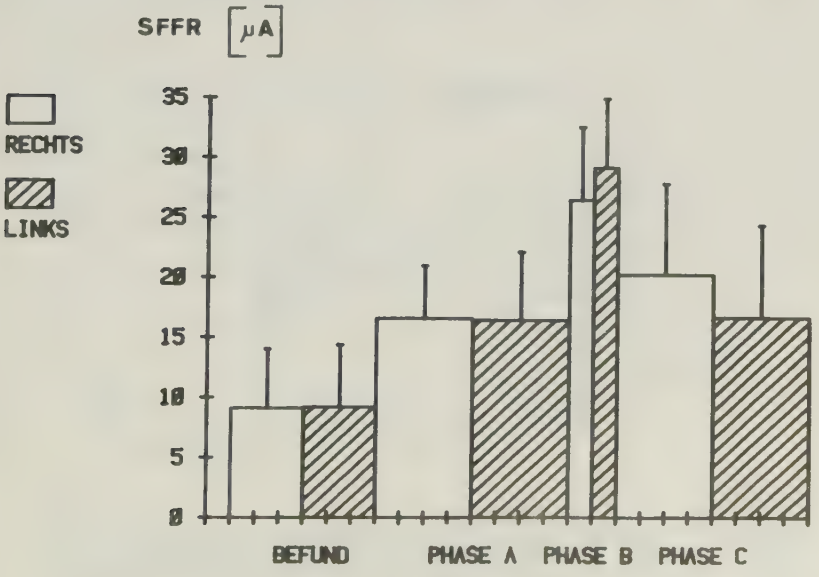


Abb. 29 Mittlere Sulcus-Fluid-Flow-Rate (SFFR) der überkonturierten Prämolaren der rechten bzw. linken Seite

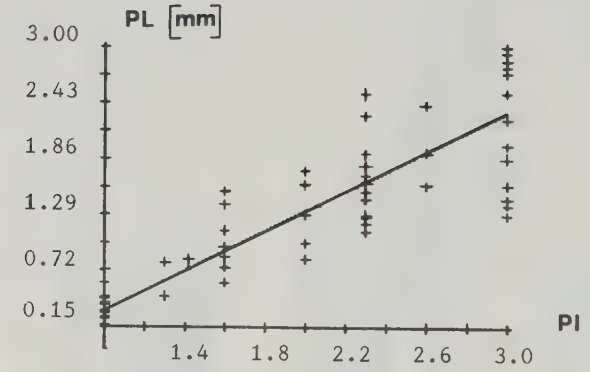


Abb. 30 Lineare Regression zwischen Plaque-Index (PI) und gemessenen Plaquewerten (in der Phase B)

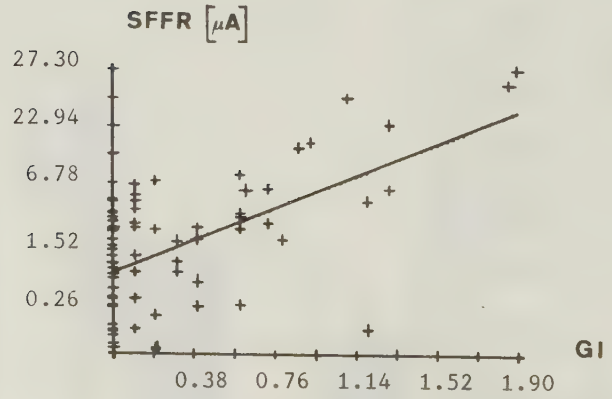


Abb. 31 Lineare Regression zwischen Gingiva-Index (GI) und Sulcus-Fluid-Flow-Rate (SFFR) (im Anfangsbefund)

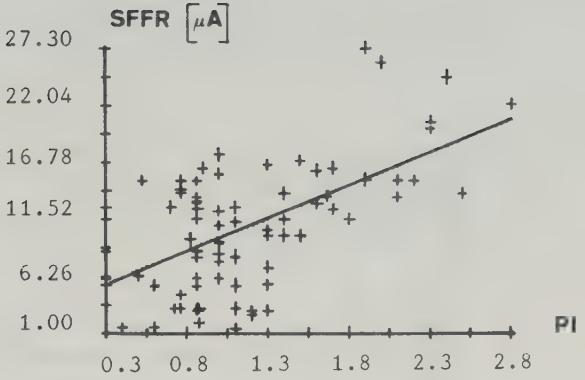


Abb. 32 Lineare Regression zwischen Plaque-Index (PI) und Sulcus-Fluid-Flow-Rate (SFFR) (im Anfangsbefund)

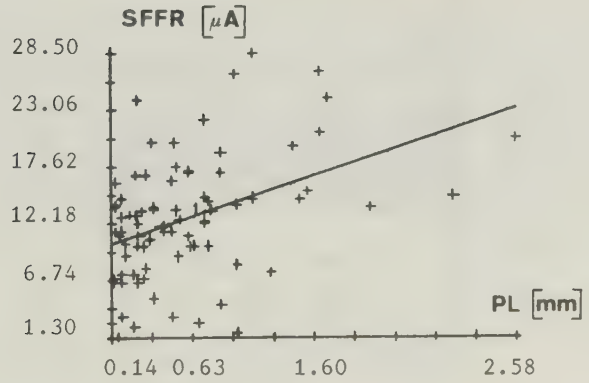


Abb. 33 Lineare Regression zwischen gemessenen Plaquewerten und Sulcus-Fluid-Flow-Rate (SFFR) (in der Phase A)

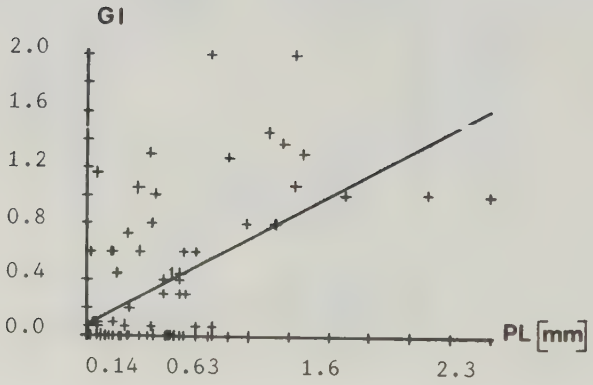


Abb. 34 Lineare Regression zwischen gemessenen Plaquewerten und Gingiva-Index (GI) (in der Phase A)

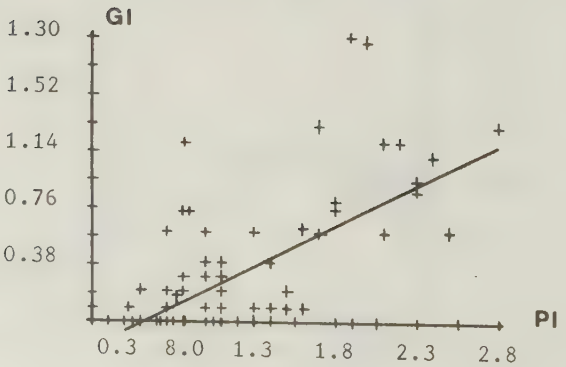


Abb. 35 Lineare Regression zwischen Plaque-Index (PI) und Gingiva-Index (GI) (im Anfangsbefund)

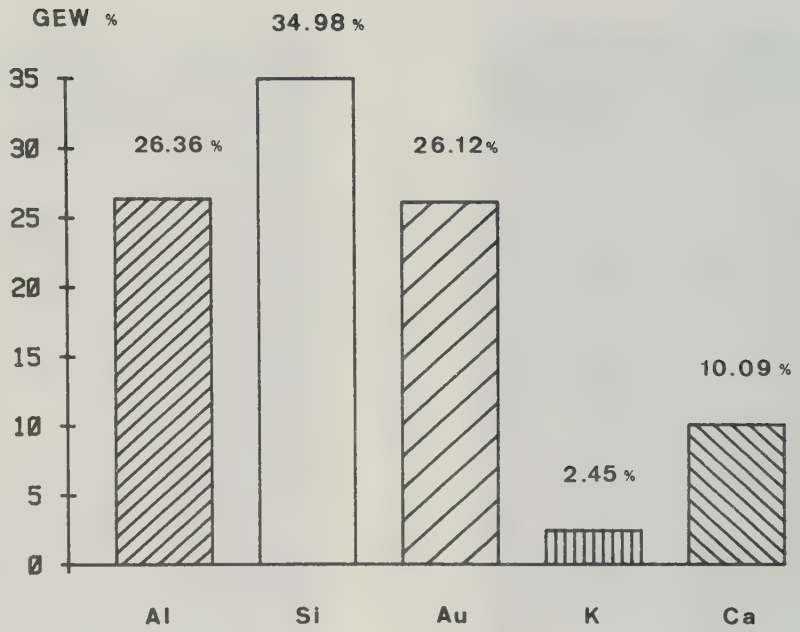


Abb. 39 Ergebnisse der E D A X -Analyse von Probe 2

7.3. Bildanhang

Abb. 20 Proband Nr. 12 : Tag der Befundaufnahme

Abb. 21 Phase A : Der erste Prämolar zeigt bukkal ein keramisch verblendetes Plättchen.

Abb. 22 Phase B

Abb. 23 Phase C (erster Untersuchungstag)

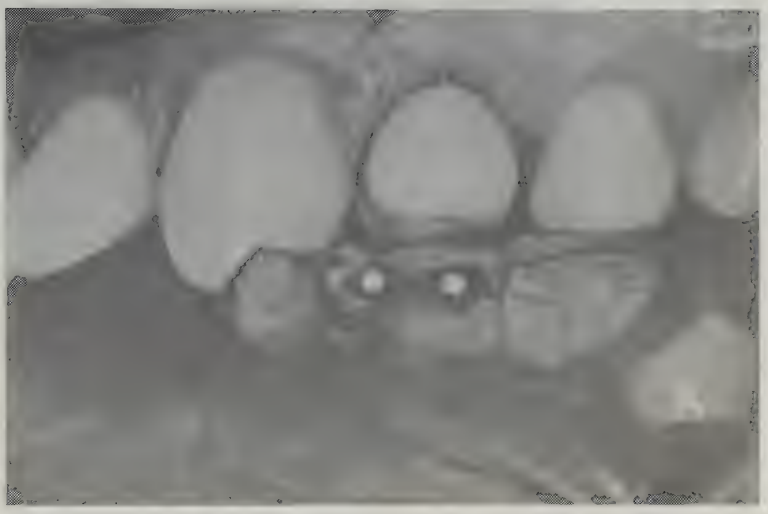
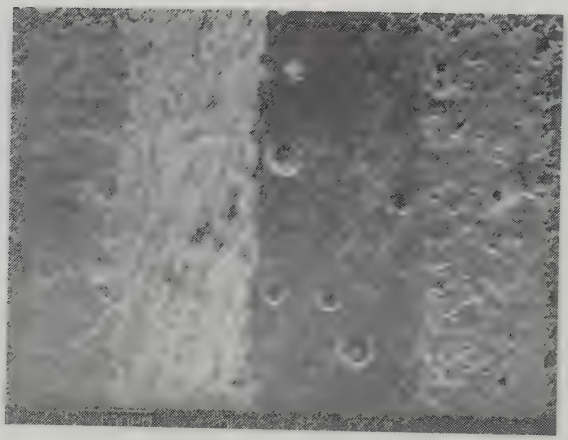


Abb. 24 Phase C (vierter Untersuchungstag)

Abb. 25 Situation nach Abnahme des Plättchens



Hartgips Hartgips

Degudent U Estic-microfill flow

Abb. 36 Querschnitt durch Probe Nr. 4

Rasterelektronenmikroskop, V = 210 : 1

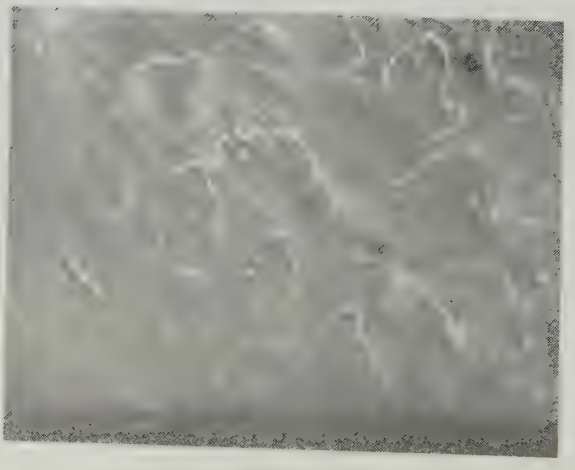


Abb. 37 Kunststoffoberfläche von Probe Nr. 2

Rasterelektronenmikroskop, V = 3700 : 1

Abb. 38 Kunststoffoberfläche von Probe Nr. 3

Rasterelektronenmikroskop, V = 3700 : 1

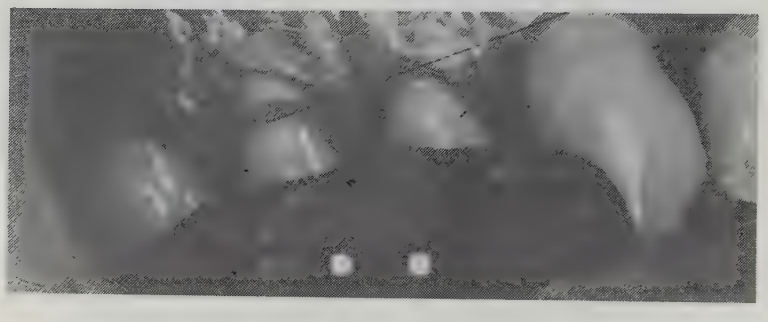


Abb. 44 a

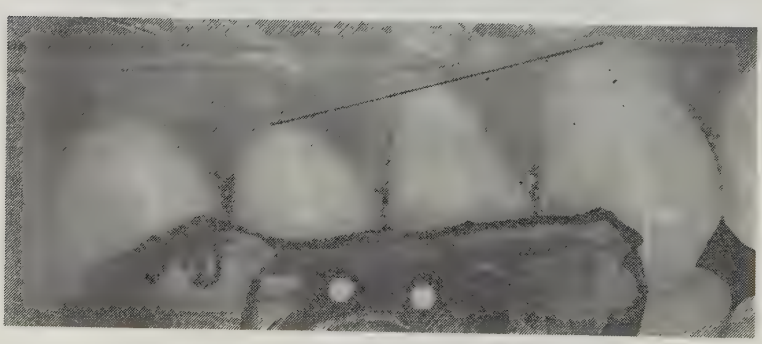


Abb. 45 a

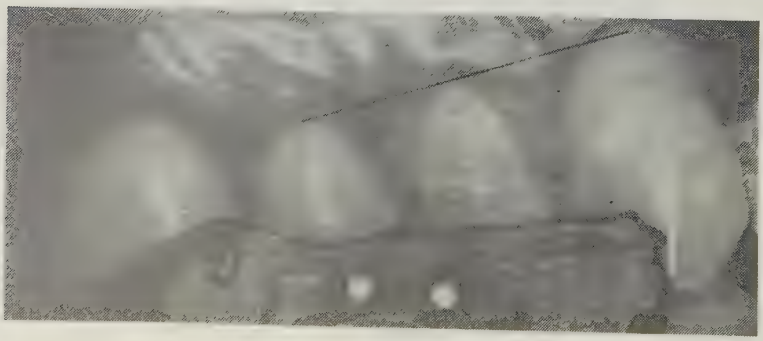


Abb. 46 a

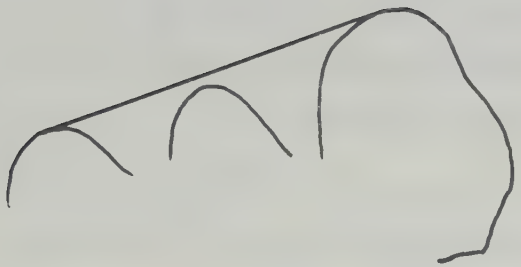


Abb. 44 b Marginalsaum des ersten oberen Prämolaren von Proband Nr. 3 beim Anfangsbefund

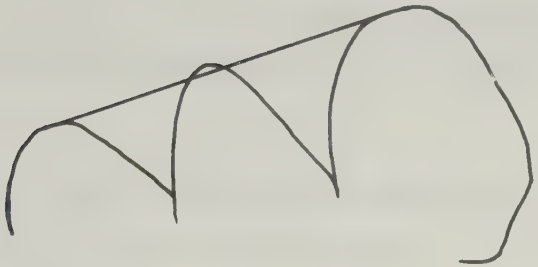


Abb. 45 b Situation nach Abnahme des Plättchens

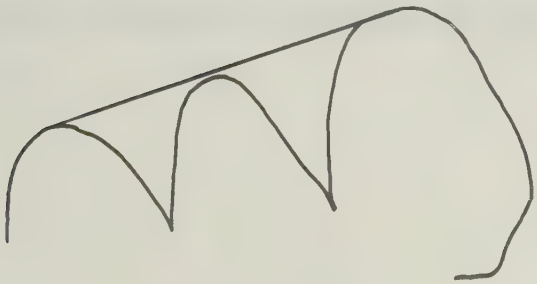


Abb. 46 b Situation vier Monate später

8. LEBENSLAUF

Am 1. Dezember 1952 wurde ich, Tamara Zapp, als zweites Kind des Großhandelskaufmannes Viktor Zapp und seiner Ehefrau Alexandra, geb. Wassilenko, in Berlin geboren.

1959 wurde ich eingeschult und wechselte 1964 auf das Französische Gymnasium in Berlin-Tegel. Hier bestand ich im Januar 1973 die Reifeprüfung und im Juni 1973 das Baccalauréat. Vom Sommersemester 1973 an studierte ich Rechtswissenschaften an der Freien Universität Berlin.

Ab Sommersemester 1974 wechselte ich für ein Jahr an die Université de Lausanne, Schweiz.
Im Wintersemester 1977/78 begann ich das Studium der Zahnmedizin an der Freien Universität Berlin.

Am 2. April 1980 legte ich die zahnärztliche Vorprüfung ab und erhielt, nach erfolgreich abgelegter zahnärztlicher Prüfung, meine Approbation als Zahnärztin am 18. April 1983. Seit dem 1. Juni 1983 bin ich als wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Abteilung für klinische Prothetik (Leiter: Prof. Dr. med. dent. Karl Eichner) des Fachbereiches Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Freien Universität Berlin tätig.

Herrn Professor Dr. med. dent. Georg Sauer möchte ich an dieser Stelle meinen aufrichtigen Dank für die Überlassung des Themas sowie für die wohlwollende Unterstützung bei der Planung der Versuche aussprechen. Er förderte die vorliegende Arbeit durch sein mir freundlich entgegengebrachtes Interesse und durch klärende Diskussionen.

Herrn Professor Dr. med. (Belgien), Dr. med. dent. Jean-Pierre Bernimoulin und seinen Mitarbeitern danke ich für den fachlichen Rat bei der Auswahl des Gingiva- bzw. des Plaque-Index.

Für den hilfreichen Beistand bei der Arbeit am Rasterelektronenmikroskop danke ich Herrn Professor Dr. med. dent. Hans Lenz sowie seinen Mitarbeitern.

Herrn Professor Dr. med. dent. Joachim Viohl und Herrn Priv.-Doz. Dr. rer. nat. Klaus Dermann danke ich für die Unterweisung in statistischer Methodik.

Danken möchte ich auch Herrn Dr. med. dent. Achim Zinke, der mir seine photographische Ausrüstung zur Verfügung stellte und mir bei der Anfertigung der dokumentarischen Aufnahmen behilflich war.

Papyrus-Druck GmbH Berlin ☎ 3416451
Dissertationen